

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Sabina Dolenc

**Slikovno dokumentiranje in razvoj
sistema za zajem in ureditev
fotografske dokumentacije v
gradbeništvu**

MAGISTRSKO DELO

MAGISTRSKI PROGRAM
INFORMACIJSKI SISTEMI IN ODLOČANJE

MENTOR: prof. dr. Franc Solina

Ljubljana, april 2016

Rezultati magistrskega dela so intelektualna lastnina avtorja in Fakultete za računalništvo in informatiko Univerze v Ljubljani. Za objavljanje ali izkoriščanje rezultatov magistrskega dela je potrebno pisno soglasje avtorja, Fakultete za računalništvo in informatiko ter mentorja.



Številka: 139-MAG-ISO/2016

Datum: 29. 02. 2016

Sabina DOLENC, univ. dipl. kom.

L j u b l j a n a


Fakulteta za računalništvo in informatiko Univerze v Ljubljani izdaja naslednjo magistrsko nalogo

Naslov naloge: **Slikovno dokumentiranje in razvoj sistema za zajem in ureditev fotografske dokumentacije v gradbeništvu**


Pictorial documentation and development of a system for the collection and organization of photographic documentation in construction industry

Tematika naloge:

Slikovno dokumentiranje med samo gradnjo je v gradbeništvu pomembno, saj predstavlja dejansko sliko poteka projekta. Fotografije so sočasni zapis tistega, kar se je dejansko dogajalo v danem trenutku med izvedbo projekta. Pri manjših projektih vodenje dokumentacije ne predstavlja večjega problema, težave pa se pojavijo pri večjih projektih zaradi zapletene strukture samega projekta in težko obvladljive podatkovne zbirke. Vodenje in organiziranost sprotne dokumentacije večjih projektov tako postane pravi izziv, kateremu je lahko v veliko pomoč tudi ustrezna vizualizacija podatkov. V prvem delu naloge analizirajte širši trend vedno večje prevlade vizualnih informacij v gradbeništvu v zadnjih letih in kako se ta trend odraža v spremembah pri dokumentiranju gradbenih projektov. V drugem delu na osnovi narejene analize načrtujte in razvijte konkreten sistem za pomoč pri dokumentiranju in optimiziranju vodenja fotografske dokumentacije, ki nastane med izvajanjem gradbenih projektov.

Mentor:

prof. dr. Franc Solina



Dekan:

prof. dr. Nikolaj Zimic

Za nasvete in vodenje pri izdelavi in pisanju magistrske naloge se zahvalujem mentorju prof. dr. Francu Solini, kateremu sem hvaležna tudi za veliko mero izkazane potrpežljivosti, izredno ažurnost in pomoč pri pisanju v LateXu.

Prav tako gre zahvala mojim najbližjim, ki so verjeli vame in mi vedno stojijo ob strani. Poleg tega še posebej bratu za strokovno pomoč in mami za razumevanje in podporo.

Mein besonderer Dank gilt meinem besten Freund, Partner und meiner wichtigsten Inspirationsquelle Dieter Schaufler. Diese Masterarbeit würde es ohne dich in dieser Form nicht geben.

Kazalo

1	Uvod	1
1.1	Vizualne informacije	2
1.2	Trend vizualnih informacij v gradbeništvu v zadnjih letih . . .	3
1.3	Glavni tehnološki trendi v gradbeništvu	4
2	Dokumentacija v gradbeništvu	11
2.1	Razvoj modelov v gradbeništvu	12
2.2	Informacijski model zgradbe – BIM	16
2.3	Spletni servisi	24
2.4	Fotografska dokumentacija	24
3	Primerjava obstoječih produktov	29
3.1	Multivista Systems, LLC	30
3.2	PREVERA Consulting GmbH	32
3.3	think project! International GmbH & Co. KG	33
3.4	ArchiSnapper	34
3.5	Motivacija za razvoj lastnega sistema	36
4	Razvoj sistema v pomoč dokumentiranju v gradbeništvu	39
4.1	Načrtovanje sistema v pomoč dokumentiranju v gradbeništvu	41
4.2	Uporabljene tehnologije	50
5	Prispevek razvitega sistema in možnosti nadgradnje	63
	Literatura	64

Seznam uporabljenih kratic

kratica	angleško	slovensko
API	Application Programing Interface	vmesnik za komunikacijo med različnimi programskimi deli aplikacije
BaaS	Backend as a Service	zaledni sistem kot storitev
BaaSBox	Backend as a Service in a Box	zaledni sistem kot storitev na samostojem strežniku
Backend	Backend	zaledni sistem
BIM	Building Information Modeling	informacijski model zgradbe
CAD	Computer Aided Design	računalniško podprto načrtovanje
CAFM	Computer Aided Facility Management	računalniško podprto upravljanje zgradb
CC	Captain Casa	odjemalčev okvir za zahtevne aplikacije
CSS	Cascading Style Sheets	kaskadni stilski listi
DB	Database	podatkovna zbirka
dxf	Drawing Exchange Format	datotečni zapis programskega paketa AutoCAD, namenjen izmenjavi podatkov z ostalimi aplikacijami

HTML	Hyper Text Markup Language	jezik za označevanje hiper-teksta
IFC	Industry Fundation Clasess	temeljni razredi za industrijo
ISO	International Organization for Standardization	Mednarodna organizacija za standardizacijo
IT	Information Technology	informacijska tehnologija
Java FX		platforma za razvoj namiznih aplikacij
JavaScript	Object-Oriented Computer Programming Language	objektni skriptni programski jezik
JNLP	Java Network Launch Protocol	protokol za zagon javanskih programov preko omrežij
JSON	JavaScript Object Notation	format zapisa podatkov v ključ-vrednost obliki
JSP	Java Server Pages	dinamične spletne strani v Javi
mySQL	Relational Database Management System	odprtokodni strežnik zbirk podatkov
NoSQL DB	Not only SQL or Non Relational	oznaka za novo generacijo zbirk podatkov
Orient DB	Orient Database	prosti vir sistema upravljanja <i>NoSql DB</i> , napisan v Javi
OS	Operating System	operacijski sistem
REST	Representational State Transfer	oblika programske arhitekture, posebej značilna za spletne storitve
SDK	Software Development Kit	paket za razvoj programske opreme

SQL	Structured Query Language	jezik za poizvedovanje po relacijskih zbirkah podatkov
UI	User Interface	uporabniški vmesnik
VR	Virtual Reality	virtualna resničnost
XML	Extensible Markup Language	razširljiv označevalni jezik

Povzetek

Slikovno dokumentiranje in razvoj sistema za zajem in ureditev fotografske dokumentacije v gradbeništvu

Slikovno dokumentiranje v gradbeništvu med samo gradnjo predstavlja dejansko sliko poteka projekta. Fotografije so sočasni zapis tistega, kar se je dejansko dogajalo v danem trenutku med izvedbo projekta. Pri manjših projektih vodenje dokumentacije ne predstavlja večjega problema, težave pa se pojavijo pri večjih projektih zaradi zapletene strukture samega projekta in težko obvladljive podatkovne zbirke. Vodenje in organiziranost sprotne dokumentacije večjih projektov tako postane pravi izziv, kateremu je lahko v veliko pomoč tudi ustrezna vizualizacija podatkov. V nalogi smo analizirali širši trend vedno večje prevlade vizualnih informacij v gradbeništvu v zadnjih letih in opredelili kako se ta trend odraža v spremembah pri dokumentiranju gradbenih projektov. Na osnovi narejene analize smo naredili načrt in razvili konkreten sistem za pomoč pri dokumentiranju in optimiziranju vodenja fotografske dokumentacije, ki nastane med izvajanjem gradbenih projektov. Z našim sistemom je vodenje fotografske dokumentacije enotno strukturirano, pregledno in cenovno ugodno. Sistem je možno razširiti in ga uporabiti tudi na drugih področjih.

Ključne besede: dokumentiranje, gradbeništvo, vizualna dokumentacija, fotografska dokumentacija, informacijski model zgradbe (BIM)

Abstract

Pictorial documentation and development of a system for the collection and organization of photographic documentation in construction industry

Pictorial documentation in the building industry during the construction process presents a true picture of the project. The photographs are contemporaneous record of what was actually happening at any given time during the course of the project. For small projects keeping documentation doesn't present a major problem. Difficulties arise with larger projects due to the complex structure and unmanageable data base, where management and organization of current documentation becomes a real challenge. In this case data visualization can be of a great help. In this work we analyzed the general trend of the increasing dominance of visual information in the construction sector in recent years, and identified how this trend is reflected in changes in the documentation of construction projects. Based on the above analysis, we made a plan and developed system to assist in documenting and optimizing the management of photographic documentation generated during the implementation of construction projects. With our system the structure of the photographic documentation is unified, clear, and inexpensive. The developed system is possible to expand and use in other fields as well.

Keywords: documentation, building industry, vizual documentation, photographic documentation, Building Information Modeling (BIM)

Poglavje 1

Uvod

Smo v dobi mobilne tehnologije in neprestanega tehnološkega napredka. Ogromne količine raznolikih podatkov se ustvarjajo hitreje kot kdajkoli. Naš svet postaja vedno bolj povezan, naše aktivnosti bolj digitalizirane, podatki bogatejši, raznoliki in vedno na razpolago. Organizacije izkoriščajo te ogromne količine podatkov za natančnejše prilagoditve sistemov, podporo odločanju in razvoj proizvodov [40].

Hitro nastajanje novih podatkov in potreba po analiziranju le teh v realnem času je posledica digitalizacije transakcij, mobilnega računalništva in povečanega števila uporabnikov interneta in mobilnih naprav. Pojav *Big Data* oziroma „znanost masovnih podatkov“ ima svetovno dimenzijo in kaže na vedno večjo vrednost neobdelanih podatkov opazovanj in preskusov na praktično vseh področjih znanosti.

Neobvladljiva rast količine podatkov predstavlja resen izziv za obstoječe sisteme podatkovnega procesiranja, ki so s tehnološkim napredkom morali prilagoditi oziroma spremeniti tudi način analiziranja. Zbiranje in sledenje podatkov pa je preprosto brez pomena, če ni primerno in učinkovito predstavljeno odločevalcem. Največji izziv je združiti in izluščiti ogromno količino podatkov ter jih pretvoriti v razumljive informacije, na podlagi katerih lahko ukrepamo.

Masovni podatki tako ponujajo različne možnosti organizacijam v kate-

rikoli industriji, med katere sodi tudi gradbeništvo. Za gradbene projekte so značilni intenzivni časovni okviri, v katerih morajo biti projekti pravočasno zaključeni. Najsi bo to gradnja manjše hiše, mostu, nebotičnika ali letališča, v gradbene projekte je vpleteno veliko različnih akterjev in materialov. Dobre organizacijske in vodstvene sposobnosti so za vse vpletene še toliko bolj pomembne. Za pravilno vodenje projektov pa so potrebne tudi informacije.

Eden največjih izzivov pri uspešnem vodenju projektov v gradbeništvu zagotovo predstavlja pridobivanje pravih informacij ob pravem času in njihovo posredovanje ostalim vpletenim. Eden od razlogov za omenjeni izziv je prav gotovo težko upravljanje oziroma obvladljivost masovnih podatkov in velikih datotek. Problem pa ni samo v obvladovanju masovnih podatkov in njihovi vključitvi v poslovni proces in odločanje, pogosto se ne naredi dovolj na razumevanju vplivnih malih informacij, ki dejansko poganjajo delovne procese na dnevni ravni [22]. Ključ do natančnih in uporabnih napovedi ter odločitev, ki temeljijo na malih in predvsem bolj ustreznih informacijah med drugim zagotovo predstavlja tudi vizualizacija teh informacij.

1.1 Vizualne informacije

V zadnjem stoletju se je zaradi izjemne rasti slikovnih gradiv razvila teorija o slikovnem obratu, ki govori o enakovredni rabi slike in besedila. Razvoj fotografije in filma v 19. stoletju, kasneje televizije in videa sredi 20. stoletja, danes pa digitalno zasnovana tehnična sredstva predstavljajo resen premik od jezikovnega k slikovnemu sporazumevanju. Preko teorije slikovnega obrata se na znanstvenem področju pojavijo potrebe po interdisciplinarnem proučevanju slikovnega [30].

Na področju vizualizacije informacij se prepletajo znanja mnogih normativnih in deskriptivnih znanstvenih disciplin, kot so npr. poslovno odločanje, informatika, likovna teorija, arhitektura, oblikovalska stroka, kognitivna psihologija, spoznavna psihologija, filozofija idr. V zadnjih petindvajsetih letih se raziskovanje vizualizacije informacij pospešeno razvija tako na akadem-

skem kot na praktičnem področju. S to temo se poglobljeno ukvarjajo tudi številni strokovnjaki, kot so Spence, Bertin, Card, Chen, Ware, Tufte idr. [15, 28, 64, 69, 75].

Pojem vizualizacija informacij je najpogosteje opredeljen kot uporaba računalniško podprtih, interaktivnih, vizualnih predstavitev abstraktnih podatkov z namenom povečati kognicijo oziroma znanje [15]. Empirično je tudi dokazano, da vizualizacija informacij pozitivno vpliva na kakovost informacij pri poslovnem odločanju [77]. Zato ni nič nenavadnega, da se je v zadnjih letih s tehnološkim razvojem razširila tudi uporaba vizualizacije informacij.

1.2 Trend vizualnih informacij v gradbeništvu v zadnjih letih

Razloge za splošne spremembe v vizualizaciji informacij v zadnjih letih najdemo v treh ključnih motivatorjih:

- **Big Data:** Definicije o tem, kaj je *Big Data*, so si precej podobne in jih lahko povzamemo kot situacijo, ko se količina raznolikih podatkov v organizaciji poveča do te mere, da jih obstoječa tehnologija za hranjenje in procesiranje ne more več učinkovito obvladovati, organizacija pa iz podatkov ne more pridobiti vrednosti [42, 56, 68]. S pojavom vedno večje količine podatkov, ki jih je potrebno analizirati, je postala vizualizacija le teh ključnega pomena. Večja količina podatkov je prinesla tudi priložnosti za drugačno obdelavo podatkov, obdelavo, o kateri v preteklosti nismo razmišljali.
- **Raznolikost podatkov:** Skupaj s povečevanjem obsega podatkov prihaja tudi do vedno večje raznolikosti le teh. Pojavila se je potreba po analizi komentarjev uporabnikov, njihovih čustev, klicev strank in ostalih nestrukturiranih podatkov, kar je povzročilo uporabo nove vrste vizualizacij.

- **Tehnološki napredek:** Eden poglavitnih razlogov za spremembe v vizualizaciji informacij je zagotovo tudi napredek v tehnologiji. S splošno cenovno dostopnostjo senzorjev in napredkom mobilnih naprav se je pojavila velika količina podatkov, ki prej niso bili dostopni. Porast računske moči je omogočil hitrejšo obdelavo podatkov in tako odprla vrata obdelavi podatkov in s tem izdelavi vizualizacij, ki je v preteklosti zahtevala ure ali celo dneve. Danes je za enako obdelavo oziroma izdelavo potrebnih le nekaj minut ali celo sekund.

Tako kot ostale panoge tudi gradbeništvo ni izjema. V zadnjih letih zasledimo trend vedno večje prevlade vizualnih informacij in vizualnega dokumentiranja tudi v gradbeništvu [2]. Prav tako lahko tudi tu govorimo o velikem pomenu masovnih podatkov in prepoznavanju ključnih malih informacij [48], ki predstavljajo gonilo gradbenih projektov na dnevni ravni.

1.3 Glavni tehnološki trendi v gradbeništvu

Če se osredotočimo na glavne tehnološke trende (Slika 1.1), ki vplivajo na preoblikovanje gradbeniške stroke [61] in s tem posledično tudi na vizualizacijo informacij, lahko mednje na splošno štejemo:

1. Pojav **računalništva v oblaku** in ostalih tehnologij, dostopnih preko interneta kot storitve.
2. **Mobilnost:** porast mobilnih naprav ustvarja fleksibilne delovne pogoje in omogoča delavcem, da opravljajo svoje delo kadarkoli in kjerkoli.
3. **Big Data oziroma masovni podatki:** pojav orodij, ki omogočajo podjetjem zajem, shranjevanje in analiziranje masovnih podatkov iz različnih virov.
4. **Družbena omrežja** oziroma nove družbene aplikacije in spletne strani, ki lahko pripomorejo k izboljšanju sodelovanja na delovnem mestu, širjenju znanja in komuniciranju.



Slika 1.1: Tehnološki trendi v gradbeništvu

Z razumevanjem tehnoloških trendov, s strateškim razmišljanjem o njih in o možnostih njihove uporabe pri poslovanju gradbenih podjetij so le ta v zadnjih letih pričela bolje izkoriščati informacijsko tehnologijo in s tem marsikateri strošek spremenila v dohodek. Prav tako pa se je podrejeno tehnološkim trendom spreminjala tudi vizualizacija informacij, ki poskuša izkoristiti tehnološke trende v svoj prid. Za lažje razumevanje sprememb si podrobneje poglejmo omenjene tehnološke trende.

Računalništvo v oblaku

Tehnološki trend oziroma koncept programiranja v oblaku na splošno združuje vsaj tri pojme: programsko opremo kot storitev, platformo kot storitev ter infrastrukturo kot storitev. Pri vseh treh konceptih računalniške zmogljivosti zagotavlja ponudnik storitev, uporabnik pa potrebuje zgolj osnovno zmogljiv računalnik in dostop do storitev preko omrežja. V literaturi zasledimo več sorodnih definicij tega trenda, vsem pa so bolj kot ne skupne ključne značilnosti [27]:

- **Agilnost** (uporabnik hitro dostopa do potrebne tehnologije).
- **Nižji stroški** (odsotnost večine investicijskih stroškov oziroma nižji prag za vstop na trg, ter plačilo po dejanski porabi sredstev, kar pomeni tudi večjo predvidljivost stroškov).
- **Neodvisnost od lokacije in naprave** (uporabnik lahko do storitev dostopa od skoraj kjerkoli, izvajanje pa ni nujno vezano na točno določen strežnik).
- **Enostavno vzdrževanje in administracija** (ker aplikacij ni potrebno nameščati na računalnik vsakega uporabnika, te pa so dostopne z različnih lokacij).
- **Večkratno-najemna arhitektura** (iste instance strežnikov, platform in aplikacij strežejo množici uporabnikov).
- **Večja produktivnost** (več uporabnikov lahko istočasno dela na istih podatkih).
- **Zanesljivost** (zaradi redundance strežnikov in podatkov ter varnostnih mehanizmov je računalništvo v oblaku primerno za poslovanje).
- **Razširljivost** (glede na potrebe in v skoraj realnem času).
- **Varnost** (boljša zaradi centralizacije podatkov ter naprednejših in celovitejših sistemov za zagotavljanje varnosti, ki si jih manjša podjetja ne morejo privoščiti, a kljub temu zaskrbljujoča zaradi izgube nadzora nad občutljivimi podatki).

Hipotetično gledano lahko kakršenkoli delovni proces ali aplikacija teče v oblaku. Toda kljub njegovi popularnosti v zadnjih letih izvršni gradbeni delavci ne razmišljajo o oblaku kot rešitvi za vsako ceno.

Vsekakor niso vsi deli poslovanja v gradbeništvu najbolj logični in primerni za prehod v oblak. Za programske aplikacije, ki izboljšujejo produktivnost in sodelovanje v podjetju, lahko rečemo, da so že dober začetek pre-

hoda, saj lahko z majhnim vplivom na IT infrastrukturo zagotovijo takojšnjo vrednost.

Ena od prednosti oblaka za gradbena podjetja je zagotovo možnost povezave dela na terenu in v pisarni. S tako povezavo si podjetja zagotovijo boljši pregled dela na gradbišču ter večji prenos pravočasnih in točnih informacij. S tem pa vodje projektov pravočasno pridejo tudi do ključnih informacij, potrebnih za nemoteno vodenje projekta in delovnega procesa.

Dejansko lahko v gradbeništvu govorimo o naslednjih ključnih delih delovnega procesa, ki jih lahko prenesemo v oblak: projektna dokumentacija, načrti in fotografije, poročila in analize, ter zajem delovnega časa zaposlenih [61]. Pri razvoju našega sistema se bomo v nadaljevanju osredotočili na slikovno dokumentacijo oziroma fotografije.

Mobilnost

V gradbeništvu se številne odločitve in veliko dela izvaja izven pisarne. Zato je mobilnost še kako pomembna. Mobilne tehnologije zagotavljajo udobje pri delu, izboljšujejo sodelovanje in omogočajo nemoten potek delovnih procesov na gradbenem projektu. Zato tudi ne preseneča podatek, da kar 93% izvajalcev v gradbeništvu pri svojem delu uporablja mobilne naprave na gradbiščih [61].

Medtem ko oblak predstavlja metodo za razvoj tehnologij in informacij na internetu, je mobilnost sredstvo za dostop do teh. Mobilne aplikacije, razvite v oblaku, omogočajo strokovnjakom v gradbeništvu izvedbo vedno večjega števila nalog. Pri tem je pomembno tudi dejstvo, da se ta izvedba lahko izvrši kadarkoli in kjerkoli.

O tem, kako pomembna je mobilnost, govori tudi podatek iz prakse, da kar 33% gradbenih podjetij išče delo izven svojega lokalnega okolja oziroma geografske lege [61].

Mobilnost zagotovo nudi udobje pri delu. Pri tem pa se je potrebno tudi zavedati, da lahko mobilne naprave z dostopom do občutljivih informacij in podatkov zlahka padejo v napačne roke. Zato je pametno izdelati strategijo

za zaščito pred zlorabo.

Enega najbolj perečih problemov pri varnosti mobilnih naprav za podjetja zagotovo predstavlja lastništvo nad mobilnimi napravami. Po podatkih raziskave podjetja Sage kar 56% gradbenih podjetij omogoča svojim zaposlenim uporabo privatnih mobilnih naprav za službene namene. Glavni razlog so nižji stroški za podjetja. Zato je še toliko bolj pomembno postaviti pravila, razviti varnostni načrt in temu primerno vključiti zaposlene.

Mobilnost igra veliko vlogo pri razvoju našega sistema, saj želimo z njegovo uporabo omogočiti neprestan dostop do ustvarjene slikovne dokumentacije oziroma fotografij. Dostop bo možen od kjerkoli in kadarkoli, najsi bo to na terenu, v pisarni ali na poti.

Big Data

Vse od pojava računalnikov za reševanje poslovnih problemov v 50-ih in 60-ih letih prejšnjega stoletja se je količina hranjenih podatkov povečevala. Na pomenu je pridobivala tudi vrednost teh podatkov. Poleg količine je v 90-ih letih internet in svetovni splet pridodal tudi na hitrosti prejemanja podatkov, ter njihovi raznolikosti [16]. Torej, če povzamemo glavne karakteristike *Big Data*, lahko govorimo o štirih V-jih: količini, raznolikosti, hitrosti in vrednosti (*angl. Volume, Variety, Velocity, Veracity*).

Glavna izziva, s katerima se srečuje vizualna analitika, sta razširljivost in dinamika podatkov. Metode, ki slonijo na vizualizaciji se tako soočajo z izzivi, ki jih predstavlja *Big Data* z že omenjenimi štirimi V-ji, ter jih poskušajo pretvoriti v naslednje priložnosti [12]:

- **Količina:** Metode so razvite za delo z ogromnim številom podatkovnih nizov in poskušajo izluščiti pomen iz te velike količine podatkov.
- **Raznolikost:** Metode so razvite tako, da poskušajo združiti toliko podatkov kot je potrebno.
- **Hitrost:** Podjetja lahko z vizualizacijskimi metodami paketno obdelavo nadomestijo z obdelavo podatkov v realnem času.

- **Vrednost:** Poleg tega, da metode omogočajo uporabnikom ustvarjanje privlačnih grafov in toplotnih slik (*angl. heatmaps*), z razumevanjem velike količine podatkov ustvarjajo tudi poslovno vrednost.

S temi izzivi v mislih, vidimo ključ do *Big Data* v združitvi velike količine podatkov iz različnih virov. Pomembno je tudi pridobivanje ustreznih informacij, prepoznavanje korelacij med vrstami podatkov ter vizualizacija podatkov in končnih rezultatov, saj le tako lahko prepoznamo trende, na podlagi katerih se v končni fazi tudi odločamo. Podjetja, ki si pomagajo s takimi analizami, imajo zagotovo konkurenčno prednost pred ostalimi.

Big Data predstavlja za gradbeno industrijo velik zalogaj. Podjetja zajemajo podatke, ki so zelo razdrobljeni. Med drugim so to prodajne transakcije, poročila s terena, spremembe naročil, komunikacija z naročniki ipd. Poleg tega je predvidena razširitev uporabe informacijskega modela zgradbe – BIM na vse faze gradbenega življenjskega ciklusa (načrtovanje, design, gradnja in management). S tem pa se bo občutno povečala tudi količina in raznolikost razpoložljivih digitalnih informacij v gradbeništvu.

Čeprav že kar nekaj napredno mislečih gradbenih podjetij uporablja *Big Data* v svoj prid in s tem pridobiva na konkurenčni prednosti, se večina gradbenih podjetij še vedno zanaša na bolj tradicionalne metode in kazalnike. Naložbe v nova orodja niso nujno potrebne za izkoristek prednosti *Big Data*. Preprost primer takojšnjega delovanja je na primer *Benchmarking* oziroma primerjalna analiza.

Naš sistem se osredotoča na konkreten delovni proces in ustvarjanje slikovne dokumentacije na terenu. Količina podatkov, oziroma fotografij z opisnim besedilom, ki dnevno nastaja na večjih gradbiščih, lahko dokaj hitro povzroči težave pri vodenju le teh. Zato je smiselno uporabiti enoten sistem za vodenje take dokumentacije, saj v večjih gradbenih podjetjih odločevalec ni ustvarjalec slikovne dokumentacije. Slikovna dokumentacija večinoma prihaja iz različnih virov.

Družbena omrežja

Vodilna podjetja v gradbeništvu se poslužujejo uporabe družbenih omrežij predvsem v povezavi z marketingom in za komunikacijo s strankami. Čeprav je res, da so omrežja Twitter, Facebook, LinkedIn in Google+ uporabna za spodbujanje dialoga s strankami in pridobivanje povratnih informacij, pomenijo družbena orodja precej več kot to. Ob popolni implementaciji uporabe družbenih tehnologij lahko podjetja dvignejo produktivnost svojih vodij in strokovnjakov za 20-25%. Uporaba družbenih orodij pripomore tudi k boljši komunikaciji in širjenju znanja ter sodelovanja v podjetju [41].

Pri gradbenih podjetjih se večina omenjene vrednosti uporabe družbenih omrežij kaže v širjenju znanja in boljši komunikaciji med projektnimi skupinami. Primerno implementirano družbeno orodje, ki je popolnoma sprejeto s strani zaposlenih, lahko pripomore k njihovi informiranosti o delovnem napredku in skupnih aktivnostih v realnem času. Namesto statičnih elektronskih sporočil so lahko pogovori v celoti shranjeni v oblaku in kadarkoli dosegljivi.

Branje in sodelovanje pri spletnih dnevnikih (*angl. blog*) in spletnih družbenih straneh omogoča zaposlenim dostop do najnovejših dobrih praks ter pripomore k raziskovanju in reševanju problemov z gradbišč, ki se nanašajo tudi na produktivnost in obvladovanje tveganj.

Poglavje 2

Dokumentacija v gradbeništvu

Organiziranost podjetij v gradbeni panogi se precej razlikuje od organiziranosti podjetij industrijske proizvodnje. Trendi, ki so v preteklosti zaznamovali razvoj drugih sektorjev industrije in storitev, industrializacija, avtomatizacija in sodobni načini upravljanja, so gradbeništvo zaobšli. Razloge za to najdemo med drugim tudi v posebnosti panoge. Dela na gradbenih objektih so specifična in ne dopuščajo ozke specializacije. Poleg tega proizvodni proces poteka v zahtevnem okolju. Prisotne so tudi prekinitve zaradi neugodnih vremenskih razmer. Tudi delovni proces zahteva nenehno selitev delavcev in delovnih sredstev. Gradbišča praktično predstavljajo začasne organizacijske enote, ki se ustanovijo, ko izvajalec del prevzame zemljišča od investitorja gradnje, ukinejo pa se s predajo gotovega objekta naročniku. V gradbeni proces je vključeno veliko število udeležencev, zaradi česar sta temeljita priprava in uspešno vodenje nujno potrebna.

Gradbeništvo se ukvarja z enkratnimi izdelki, ni prisotnih utečenih partnerskih odnosov (za vsak projekt se zbere druga skupina), partnerji so na zelo različnih tehnoloških nivojih itd. Priprava projektne dokumentacije je zato pogosto otežena – deloma zaradi nepredvidljivosti, deloma zato, ker bo načrt uporabljen le enkrat [70].

Pri uspešnosti izvedbe gradbenih projektov igra dokumentacija veliko vlogo, saj predstavlja dejansko sliko poteka projekta. Je edini sočasni zapis

tistega, kar se je dejansko dogajalo v danem trenutku med izvedbo projekta in služi kot dokazno gradivo. Brez dokumentacije praktično ni sočasnega dokaza za dokazovanje trditev v primeru tožb, s tem pa tudi zelo malo možnosti pravičnega rezultata. Na podlagi dokumentacije lahko odpravimo marsikatero napako še v času izvedbe projekta ali po tem, ko je projekt že zaključen. Poleg navedenega lahko močno olajša izvedbo naknadnih projektov, kot so na primer obnova objekta, dograditev, prilagoditev za nove naloge ipd. Projektna dokumentacija, ki sloni na sočasnosti, tako zagotavlja stalen zapis, ki omogoča natančno rekonstrukcijo, pregled ter analizo dogodkov in aktivnosti pred in predvsem med izvedbo projekta.

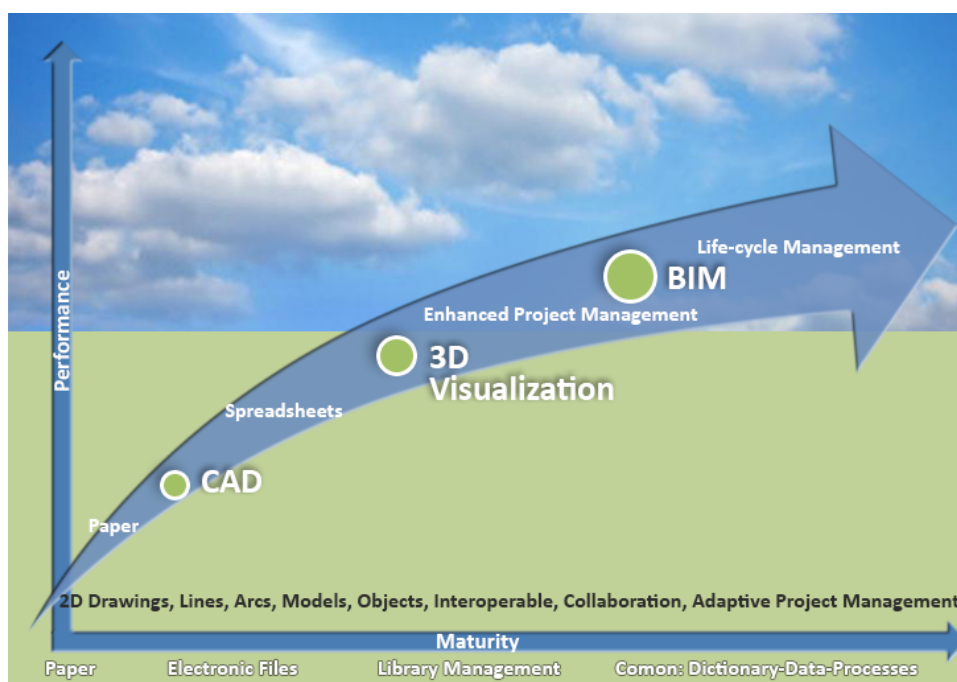
S pomočjo dokumentacije ugotavljamo tudi skladnost procesa gradnje s predpisi in zakoni. Vestno in pravilno vodena dokumentacija, ter njeno dobro poznavanje nam omogoča hitrejšo, varnejšo in učinkovitejšo izvedbo gradbenih del.

Tako industrijska praksa kot standardna notranja politika gradbenih podjetij narekuje vzdrževanje sistema projektne dokumentacije, katere del je tudi slikovna dokumentacija, na katero se bomo osredotočili v nadaljevanju.

2.1 Razvoj modelov v gradbeništvu

Če se vrnemo v preteklost in začetke risalnih tehnik, ugotovimo, da ročno risanje poznamo še iz časa starega Egipta, ko so takratni arhitekti skrbno dokumentirali svoje delo. Gre za uporabo analognih tehnik risanja na različne materiale in izdelavo maket. Takrat se je večinoma risalo s svinčnikom ali tušem na papir, kar je pomenilo dvodimenzionalno projektiranje. Iz časov starega Rima zasledimo arhitekturne risbe, ki kažejo na metode grajenja objektov tistega časa [47]. Nekaj dodatnih možnosti je prinesel pojav prosojnega paos papirja z možnostjo prerisovanja in tehnologija fotokopiranja načrtov (npr. zrcalni načrti), vendar pa je danes tak način dela popolnoma zastarel in nekonkurenčen.

V gradbeništvu in arhitekturi se 2D risba že od začetka našega štetja



Slika 2.1: Razvoj modelov v gradbeništvu [44]

uporablja za vsaj tri namene: za predstavitev oziroma vizualizacijo ideje, oblikovanje in konstruiranje, ter pripravo gradnje. Skozi čas se spreminjata tehnika izdelave in material, spreminja in širi pa se tudi področje uporabe tehnične risbe. Prav tako se sčasoma razvija tudi razumevanje 3D prostora in način upodabljanja le-tega v dveh dimenzijah [11].

Inženirski rabi je vrata odprl šele razvoj informacijske tehnologije v 80-ih letih prejšnjega stoletja. Ključne spremembe pri pripravi projektne dokumentacije zasledimo s pojavom digitalnega načrtovanja zgradb. (Slika 2.1) Prvi korak digitalizacije projektne dokumentacije v gradbeništvu je predstavljal pojav računalniško podprtega načrtovanja (CAD - *angl. Computer Aided Design*), ki je v veliki meri zamenjal risalne deske [25]. S tem se je pospešila izdelava načrtov, ki pa ni vplivala na njihovo interpretacijo.

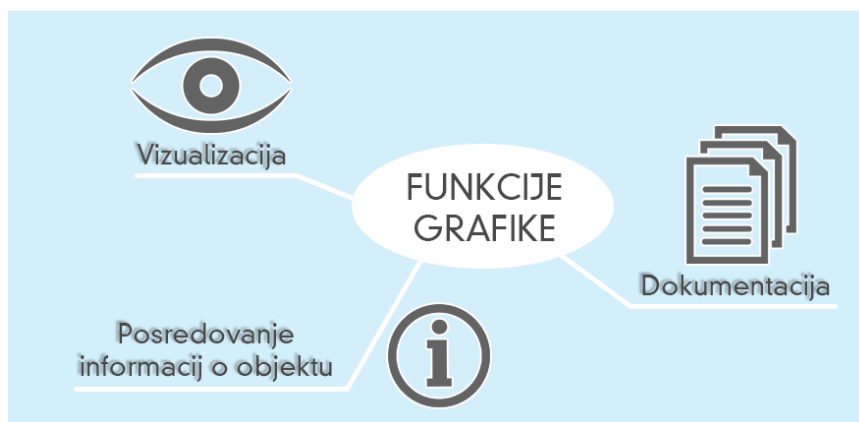
Pri takratnem CAD projektiranju prav tako govorimo o 2D projektiranju, le da se namesto svinčnika uporablja računalnik in da so podatki v digitalni obliki. Prehod na CAD je prinesel pospešitev zamudnih opravil (kotiranje,

šrafiranje itd.) in poenostavil popravljanje projekta. Seveda pa je bil povezan s finančnimi stroški nakupa računalnika, programske opreme ter z investicijo za usposabljanje uporabnikov. Kljub dodatnim stroškom je CAD popolnoma prevzel tržišče, saj so prednosti uporabe CAD tehnologije bistveno večje kot z njo povezani stroški.

Danes že večina pomembnejših računalniških CAD orodij za projektiranje omogoča 3D modeliranje. Iz 3D modela omogočajo tudi preprosto izdelavo 2D risb, ki jih še vedno potrebujemo v administrativne namene (za pridobivanje soglasij, gradbena dovoljenja itd.). Z njimi se še vedno operira tudi na gradbiščih.

O drugem koraku digitalizacije načrtovanja, planiranja in gradnje lahko govorimo s pojavom BIM tehnologije v 90-ih letih prejšnjega stoletja. BIM (*angl. Building Information Modeling*) namesto risb in besedil v digitalni obliki uvaža strukturiran digitalni model produkta v obliki 3D projektiranja. Prehod na BIM predstavlja podoben preobrat kot je bil prehod na CAD. Povezan je z novimi investicijami v programsko opremo in drugačnim pristopom k izdelavi projekta, saj namesto 2D načrtov sedaj izdelujemo digitalni 3D model zgradbe. Seveda pa prinaša tudi vrsto prednosti, kot je hitrejšo delo, možnost simulacij in optimizacij objekta, izdelava vizualizacij, manj napak itd. Več o samem modelu bomo spregovorili v poglavju 2.2 Informacijski model zgradbe – BIM.

Lahko rečemo, da je skozi zgodovino slikovno dokumentiranje v vseh obdobjih imelo zelo pomembno vlogo pri grajenju objektov. „*Grafika pri inženirskem snovanju in gradnji zajema tri ključne vloge in sicer vizualizacijo, posredovanje informacij o objektu ter dokumentiranje. Vizualizacija nam omogoča boljše razumevanje problemov in evalvacijo rešitev oblikovanja in načrtovanja. Vizualna komunikacija ima ključno vlogo pri posredovanju informacij o izdelku med udeleženci iz tudi med seboj zelo različnih področij, ki sodelujejo pri nastanku in izvedbi. Izgotovljen načrt predstavlja dokumentacijo o objektu gradnje in služi kot osnova za izvedbo. Na osnovi risbe se vzpostavljajo dogovori in obveznosti med partnerji*” [11]. Funkcije



Slika 2.2: Funkcije grafike pri načrtovanju

(Slika 2.2), ki spremljajo izdelavo grafik in način posredovanja le-teh med udeleženci gradbenih projektov, so skozi zgodovino gradbeništva in arhitekture nenehno prisotne. Sčasoma so se navedene funkcije izboljševale, s tem pa se je izboljševala tudi vizualna predstavitev. Zaslugo lahko pripišemo napredku v načinu izdelave, obliki in načinu posredovanja grafične informacije.

Če torej strnemo dogajanje v zadnjih treh desetletjih, zasledimo razvoj modelov, ki so pripomogli k boljšemu razumevanju gradbenih procesov: računalniško podprto načrtovanje oziroma CAD (2D načrtovanje, 3D modeli), informacijski model zgradbe oziroma BIM [9, 8] in 4D modeli, VR (virtualna resničnost) ipd. [21, 26, 35, 36, 58, 63]. Modeli so dandanes uporabljeni ne samo v gradbeništvu, ampak na različnih področjih, za različne namene, med drugim tudi pri varstvu kulturne dediščine [65].

Zaradi tehnološkega napredka in nenehne želje po optimizaciji in izboljšanju obstoječega je tudi kar nekaj uspešnih poskusov razširitev obstoječih modelov, ki se nanašajo na različna področja. Med take lahko štejemo tudi uporabo razširjene resničnosti kot infrastrukture, ki omogoča izboljšanje komunikacije v gradbenih projektih [49].

Vedno bolj se v zadnjih letih uveljavlja tudi uporaba fotogrametrije [19, 20, 46, 59, 71]. Fotogrametrija, postopek, ki omogoča pridobivanje zanesljivih informacij o tri razsežnostni strukturi objektov zgolj na podlagi analize

in interpretacije fotografskih posnetkov, ima kar nekaj prednosti. Pogosto se uporablja v znanstvenih in strokovnih panogah, med drugim v kartografiji, medicini, forenziki ter arheologiji [29]. S tehnološkim razvojem se je pojavila tudi uporaba oblakov 3D točk, ki lahko v kombinaciji z originalnimi fotografijami generirajo poglede na zajeto področje s katerega koli zornega kota. Njihova upraba je vedno bolj uporabna pri dokumentiranju arheoloških najdišč [43].

Današnja težnja po učinkovitem upravljanju informacij v procesu gradnje se odraža v trendu uvajanja BIM tehnologij. Zato se bomo v nadaljevanju osredotočili na informacijski model zgradbe, ki je v zadnjih letih vedno bolj uporabljen model v gradbeništvu.

2.2 Informacijski model zgradbe – BIM

Danes so zahteve po učinkovitejšem poteku gradbenega projekta vedno večje. Običajna praksa izmenjave podatkov o gradbenem projektu med udeleženci v procesih načrtovanja, analize, projektiranja, izgradnje in vzdrževanja objektov temelji na razpršenih in nepovezanih podatkih. Večinoma gre za CAD risbe, terminske načrte, tehnične standarde in zapise o poteku gradnje. Takšen tradicionalen način dela pomeni tudi pogoste napake, podvajanje dela, ter veliko nepredvidenih dogodkov v fazi gradnje, kar v končni fazi pomeni dražjo investicijo. Gradbena podjetja pa si vedno pogosteje poleg učinkovitejšega upravljanja z znanjem v procesu življenjskega cikla gradbenega projekta prizadevajo celoviteje obvladovati tudi tok podatkov v gradbenih projektih z uvajanjem celostnega informacijskega modela zgradbe (BIM).

BIM je digitalna predstavitev fizičnih in funkcionalnih značilnosti objekta. Je deljen vir za informacije o objektu in predstavlja osnovo za odločitve skozi celotno življenjsko dobo objekta. Njegova osnovna značilnost je sodelovanje različnih deležnikov, ki skozi različna življenjska obdobja objekta kreirajo, berejo, popravljajo in spreminjajo informacije skladno z vlogo tega deležnika. BIM je deljena digitalna predstavitev, zasnovana na odprtih stan-

dardih [53]. Zmožnost sodelovanja med udeleženci v gradbenem procesu, pri kateri govorimo o učinkoviti izmenjavi digitalnih modelov, imenujemo tudi medopravilnost (*angl. interoperability*) udeležencev [18, 74].

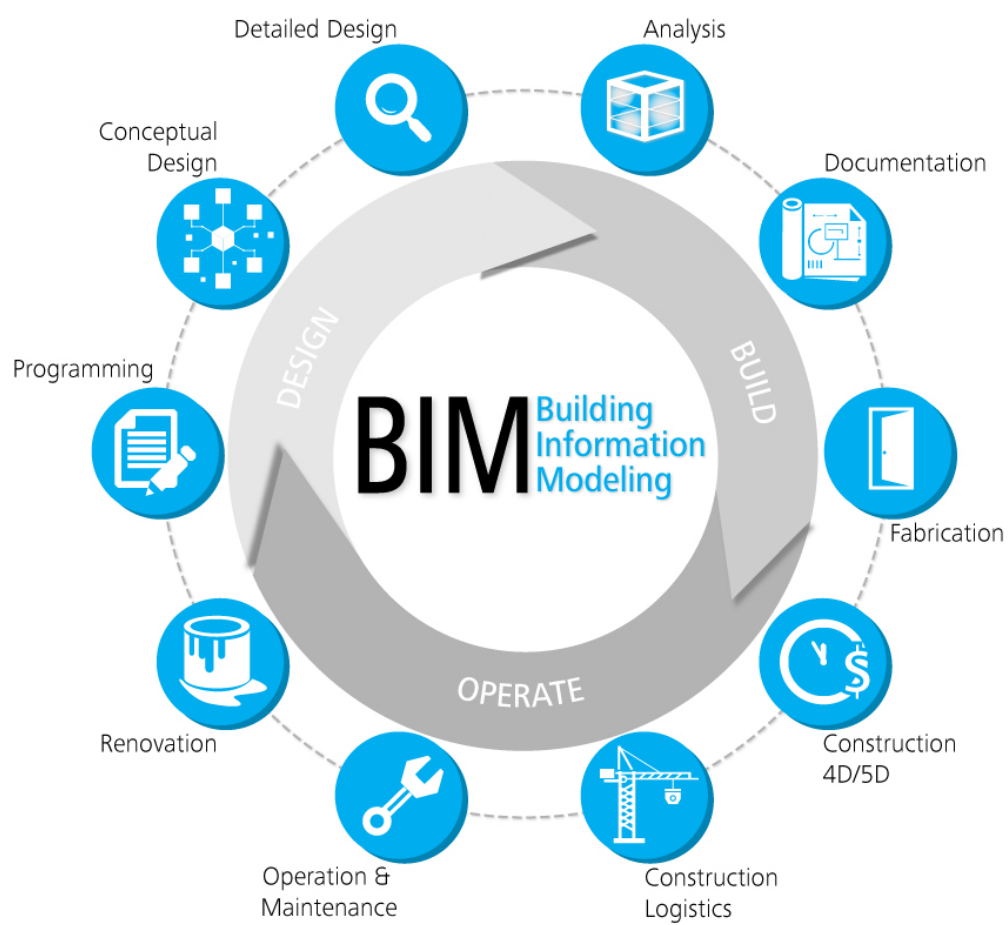
Z drugimi besedami lahko BIM opišemo kot model, ki celovito, nedvoumno in v več dimenzijah opisuje gradbeni objekt. Je objektno zasnovan načrt zgradbe, ki vsebuje informacije o posameznih elementih – delih zgradbe – vključno z njihovimi atributi in povezavami. Z njegovo uporabo dosežemo enoten dostop do informacij, potrebnih v različnih panogah, ki sodelujejo pri gradbenem projektu [11]. BIM je danes v stroki dobro sprejet in predstavlja najboljšo prakso v gradbeništvu. V fazi projektiranja je njegova vrednost že dobro prepoznana in potrjena. V zadnjem času pa stroka odkriva tudi druge koristi, ki jih BIM ponuja v fazah gradnje.

Izraz *Building Information Modeling* je v začetku leta 2002 v uporabo vpeljal industrijski analitik Jerry Laiserin, in sicer za opis virtualnega načrtovanja, gradnje in upravljanja zgradb. Procesi BIM se vrtijo okoli virtualnih modelov, ki omogočajo deljenje informacij skozi celotno gradbeno industrijo [26].

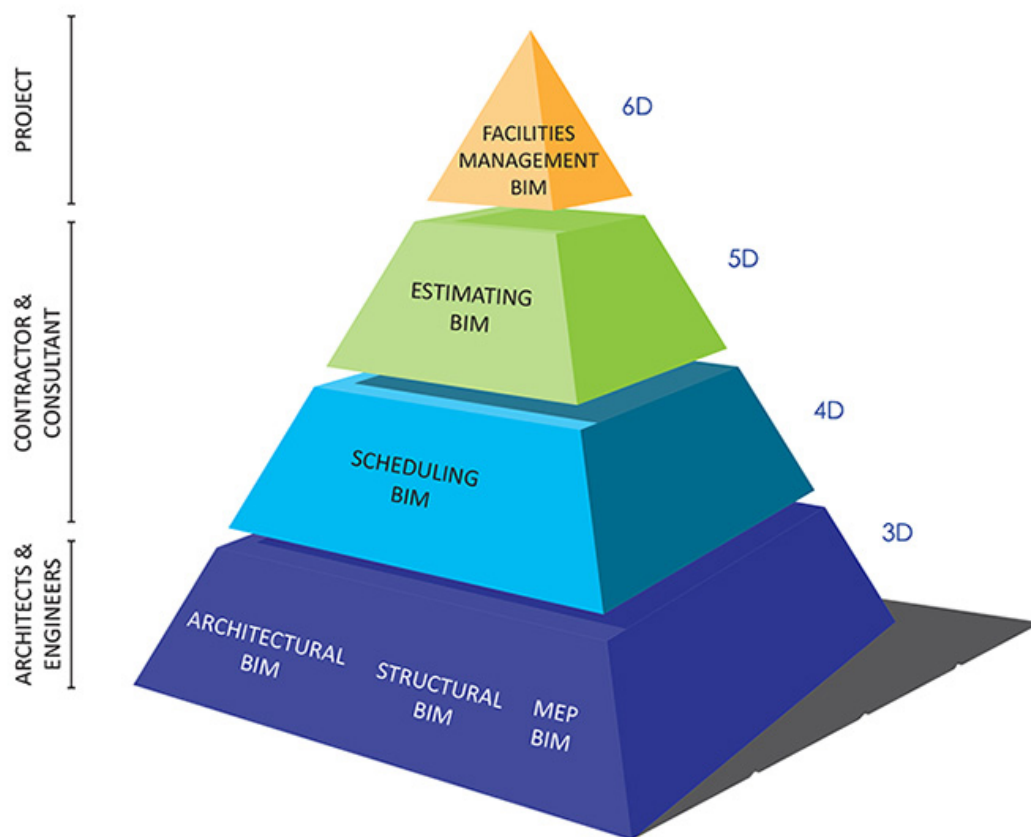
Uporaba BIM presega fazo načrtovanja in projektiranja, saj poteka skozi celoten življenjski cikel objekta (Slika 2.3). Podpira procese upravljanja s stroški, proces gradnje, projektno vodenje in delovanje objekta. BIM lahko premosti izgubo podatkov, do katere običajno pride pri prenosu informacij med vsemi vpletenimi v gradbeni proces. Za lastnike objektov, ki si prizadevajo k izboljšanju upravljanja objektov, predstavlja BIM celovito rešitev.

Uporaba BIM tehnologije v primerjavi s klasičnim „papirnatim“ pristopom v praksi za deležnike gradbenega projekta prinaša tudi veliko prednosti (Slika 2.4):

- **BIM 3D-model** (arhitektura, konstrukcija, inštalacije), ki je skladen s standardi *BuildingSMART*, omogoča dostop do podatkov o gradbenem objektu tudi med uporabo (vzdrževanjem) objekta.
- **BIM 4D-model** (povezava 3D-modela in terminskega načrta) omogoča spremljanje in optimizacijo časovnega poteka gradnje.



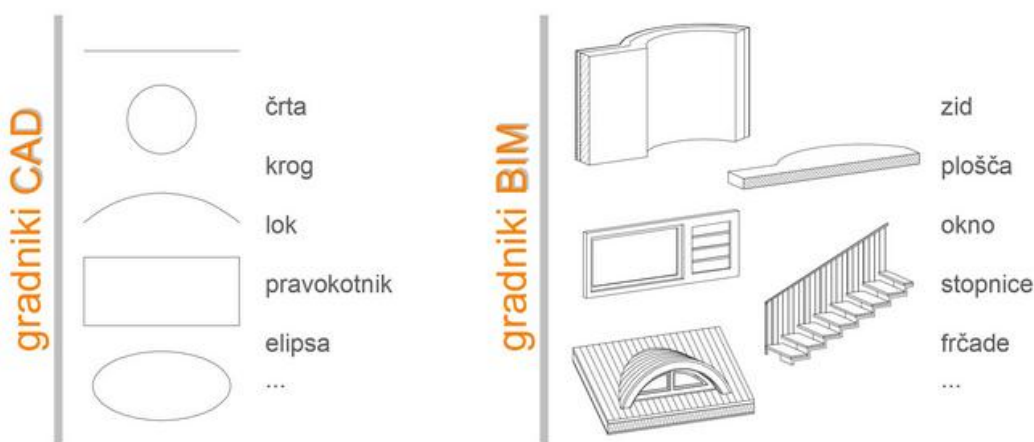
Slika 2.3: BIM podpira celoten življenjski cikel objekta [1]



Slika 2.4: Stopnje modela BIM [7]

- **BIM 5D-model** (povezava stroškov in modela 4D) omogoča spremljanje in optimizacijo stroškov gradnje.
- **BIM 6D-model** (povezava 3D gradnikov in raznovrstnih podatkov) omogoča upravljanje projektnih informacij v celotnem življenjskem ciklu objekta.

Ostale prednosti, ki jih BIM tehnologija ponuja so sočasnost dela, ažurnost podatkov, sodelovanje, sinhronizacija, ter skrb za konsistentnost modela v vseh fazah gradbenega projekta.



Slika 2.5: Gradniki CAD in BIM [6]

2.2.1 Delo z BIM

Za razliko s CAD, kjer so gradniki črta, krog, lok, pravokotnik, elipsa itd., pri BIM modeliramo objekte s kompleksnimi elementi, ki imajo različne lastnosti in prilagodljive parametre, kot so na primer zid, plošča, okno, stopnice, frčade, vrata itd. (Slika 2.5). Te informacije so standardizirane v odprtokodnem formatu .ifc (*angl. Industry Foundation Classes*). Leta 1994 je pri mednarodni organizaciji za standardizacijo ISO (*angl. International Organization for Standardization*) nevladna organizacija *BuildingSMART* registrirala standard IFC, ki omogoča prenos podatkov med različnimi projektanti in programskimi opremami. Najbolj znan format za izmenjavo informacij med inženirskimi programi v gradbeništvi je bil v preteklosti .dxf (*angl. Drawing Exchange Format*) in je omogočal le opisovanje relativno preprostih geometrijskih podatkov. Standard IFC pa je prinesel možnost opisa zahtevnejših podatkovnih struktur, ki so potrebne za celosten opis zgradbe.

Slika 2.6 prikazuje primerjavo dela s CAD in BIM. CAD projektiranje vsebuje risbe, ki med seboj nimajo povezav. Nove načrte je potrebno izrisati na novo, ob morebitnih popravkih pa paziti, da naredimo isti popravek tudi na drugih načrtih. Popisi se izdelujejo na podlagi meritev iz risbe, preračunati in vpisati pa jih je potrebno v preglednico ročno. Delovni postopki so dokaj



Slika 2.6: Primerjava dela s CAD in BIM [6]

zamudni, vizualizacijo pa je potrebno izdelati ločeno.

Pri delu z BIM arhitekt najprej zasnuje prvi 3D model objekta, ki vsebuje vse bistvene elemente funkcionalnosti, površin, konstrukcij, fasad in tehnične opreme, ter je uporaben za prostorske predstavitve. Ta model se nato nadgradi z izračuni gradbenih konstrukcij, strojnimi elementi in elektro napeljavami. Sledi preverba in usklajevanje, ki lahko poteka v več korakih. Pri tem ne prihaja do izgubljenih informacij, saj vsi udeleženci načrtovanje usklajujejo na istem modelu. Vse informacije shranjene v 3D modelu so uporabne do faze izgradnje. Vsak popravek na modelu se samodejno popravi na vseh načrtih. Model omogoča izdelavo natančnih popisov in s tem posledično jasne stroškovne opredelitve gradnje, ter natančne časovne opredelitve del. Z BIM je mogoče predvideti stroške uporabe objekta vse do njegove rušitve.

Dejstvo je, da strošek obratovanja objekta bistveno presega strošek njegove izgradnje in načrtovanja. Če predpostavimo, da je vrednost projektne dokumentacije običajno okoli 10% vrednosti gradnje, je strošek obratovanja 600% vrednosti gradnje. Eno od prednosti BIM tehnologije za investitorje zagotovo predstavlja možnost izračuna stroškov delovanja in njihovo optimizacijo že v fazi zasnove arhitekture. Poleg tega, da orodja omogočajo precej bolj natančno delo, zmanjšujejo tudi možnosti napak [32]. Zato ni nič nenavadnega, da nova direktiva Evropske Unije uvaža BIM tehnologijo v proces

javnega naročanja. V Direktivi 2014/24EU evropskega parlamenta in sveta z dne 26.2.2014 je eksplicitno zapisano, da lahko države članice zahtevajo za javna naročila gradenj in projektne natečaje uporabo točno določenih elektronskih orodij. Članice EU so morale tako do 18.4.2016 uzakoniti omenjeno evropsko direktivo, ki vključuje vpeljavo BIM procesa za vsa javna naročila.

2.2.2 Kategorizacija tipov uporabnikov BIM in socialni vidik

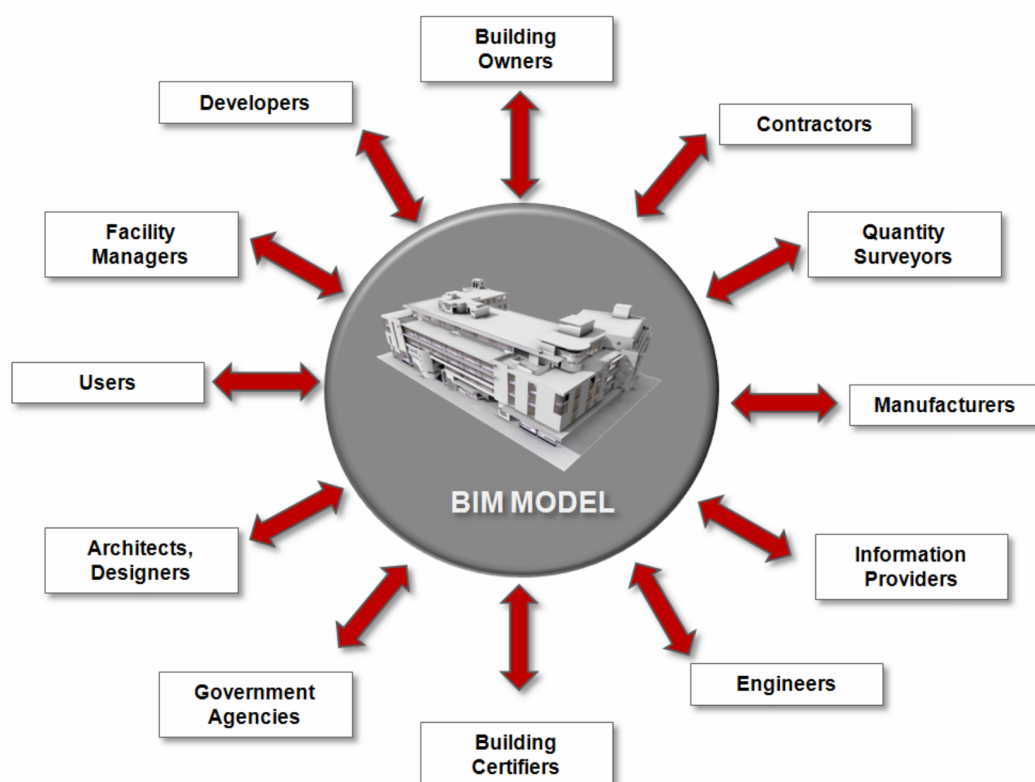
Prehod na BIM je torej dejstvo in le še vprašanje časa. Tisti, ki bo tehnologijo vpeljal prej, bo imel pred ostalimi zagotovo konkurenčno prednost, sčasoma pa to lahko postane obvezen način dela.

Pri tem se pojavlja vprašanje, kje so razlogi, da veliko gradbenih podjetij še vedno ni vpeljalo BIM tehnologije v svoje delovne procese.

Gradbena podjetja v zadnjih letih uporabljajo predvsem CAD 3D modele, 3D grafike, grafe, virtualne fotografije, video in animacije. Razloge najdemo predvsem v zahtevah uporabnikov po enostavnem razvoju, boljšem in hitrejšem razumevanju, ter v razlagi metod in podrobnostih oblikovanja [54].

V gradbenem procesu sodeluje veliko število različnih deležnikov. Kot je razvidno iz Slike 2.7 tudi pri BIM tehnologiji sodeluje veliko deležnikov z različnih področij, z različnim znanjem in izkušnjami. Vsem pa je skupno eno, pri prehodu na BIM tehnologijo se je potrebno priučiti določenih znanj za učinkovito uporabo tehnologije, ne glede na to, iz katerega področja prihaja posamezen deležnik.

Eden od razlogov kaže konkretno na problem pomanjkanja znanja o delovnih procesih življenjskega cikla gradbenega projekta, s katerim se danes soočajo mladi gradbeni inženirji, kljub temu da razpolagajo z dobrim poznavanjem informacijskih in komunikacijskih tehnologij. Dejstvo je, da je izpolnjevanje rokov gradbenih projektov zelo pomembno. Zaradi strmenja k pravočasnemu dokončanju del starejši inženirji tako praktično nimajo časa usmerjati mlajših skozi delovne postopke, kljub temu da bi njihovo „vodenje“



Slika 2.7: BIM deležniki [33]

omogočilo mladim inženirjem razumevanje izvedbe [45].

2.3 Spletni servisi

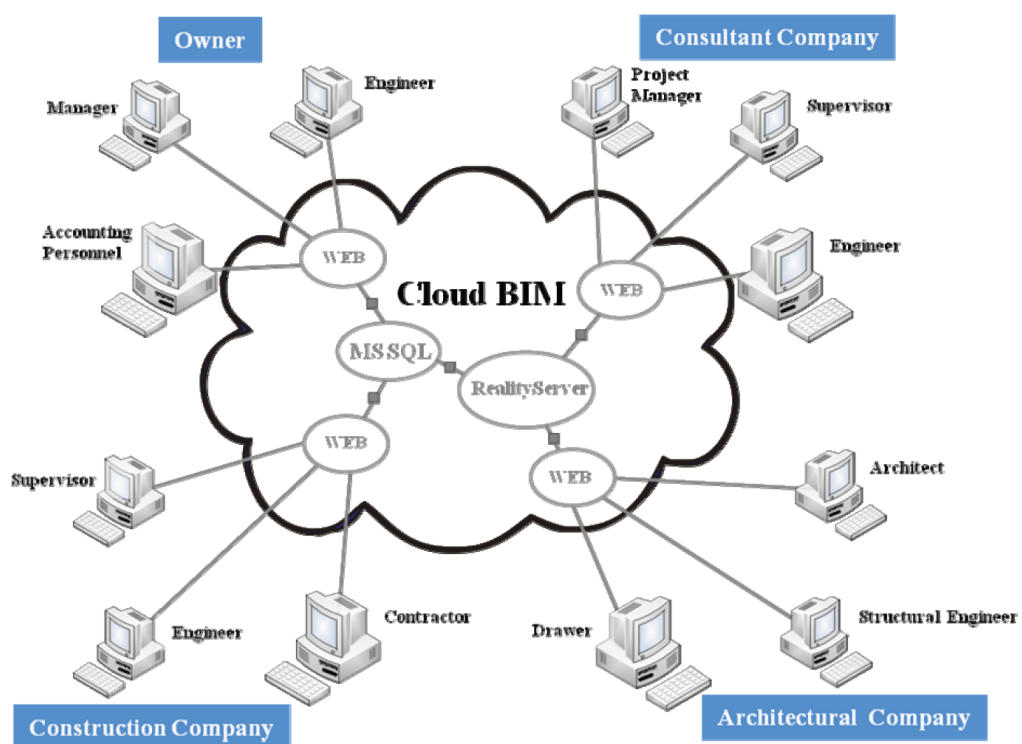
BIM tehnologije omogočajo integracijo informacij, vizualizacijo in parametrično načrtovanje, ter zmanjšujejo podvajanje dela, s čimer lahko občutno prihranimo na času in stroških. Namizne aplikacije BIM kot so *Autodesk Architecture*, *Bentley Architecture* in *Graphisoft ArchiCAD* so lahko integrirale in vizualizirale informacije le na kraju samem. Težave so se pojavile pri zajemu in osveževanju informacij z drugih strani, ki omejujejo komunikacijo in distribucijo informacij med različnimi stranmi [17].

Kot že omenjeno v poglavju 1.3 Glavni tehnološki trendi v gradbeništvu pa se s tehnološkim napredkom in pojavom računalništva v oblaku okvir za razvoj aplikacij seli na princip gostovanja. Ta koncept pomika tudi vizualizacijo BIM tehnologij v oblak.

Slika 2.8 prikazuje BIM tehnologije v oblaku, katerim so se v zadnjih letih pridružili tudi različni spletni servisi v podporo BIM. Razvoj našega sistema predstavlja enega takih servisov, ki se v našem primeru osredotoča na fotografsko dokumentiranje.

2.4 Fotografska dokumentacija

Med slikovno dokumentacijo spada tudi fotografska dokumentacija. Danes si v gospodarstvu ne predstavljamo več nemotenega poslovanja brez uporabe računalnika, učinkovito poslovanje pa skoraj ni več mogoče tudi brez uporabe mobilnih naprav. Uporabo nekdanjih komunikacijskih naprav so zamenjale mobilne naprave, katerim so postopoma vgrajevali kamere. Vse od leta 2000 se je napredek pri kvaliteti vgrajenih kamer hitro stopnjeval in danes že s težavo najdemo mobilno komunikacijsko napravo, ki ne bi imela funkcije fotografiranja. Mobilni telefoni so nekaj popolnoma običajnega tudi v gradbeništvu. Izvajalci lahko na gradbišču tako rekoč sami poskrbijo za



Slika 2.8: Koncept BIM tehnologij v oblaku [17]

fotografsko dokumentacijo, kar pa ne izključuje potrebe po profesionalni digitalni fotografiji, 360 stopinjski fotografiji, avtomatiziranih sistemih spletnih kamer ipd. Več o tem bomo spregovorili v tem poglavju, ki ga namenjamo fotografski dokumentaciji.

Pri manjših projektih vodenje podatkovne zbirke z vsemi fotografijami in tekstovnimi opisi ne predstavlja večjega problema, pravi izziv pa lahko postane vodenje in organiziranost obsežnejše podatkovne zbirke večjih projektov. Fotografsko dokumentacijo običajno ustvarjajo različne osebe vključene v delovni proces na projektu. Če enotni sistem ni premišljeno organiziran, se kaj hitro pojavijo tudi različne oblike evidentiranja slikovnega in besednega materiala. Poleg tega se pojavlja tudi problem, da v veliki večini primerov oseba, ki ustvari fotografijo in opisno besedilo, ni končni uporabnik podatkovne zbirke, kar prav tako pomeni drugačno predstavo potrebe po zajemu dokumentacije. Zato je enotna struktura vodenja dokumentacije še toliko bolj pomembna.

Projektna dokumentacija, ki sloni na sočasnosti, zagotavlja stalen zapis, ki omogoča natančno rekonstrukcijo, pregled ter analizo dogodkov in aktivnosti pred in predvsem med izvedbo projekta. Zgodovinsko gledano je fotografska dokumentacija procesa gradbenega projekta prvotno pomenila zbirko fotografij z gradbišča, ki je bila shranjena na trdem disku računalnika ali v arhivu. Razlog hrambe je bil predvsem v dokazovanju stanja na gradbišču v točno določenem času.

V zadnjih letih pa je tehnologija odigrala svojo vlogo in ponovno definirala način vodenja gradbenih projektov. Pojav digitalne fotografije je omogočil elektronsko obliko vodenja evidence in nadomestil nekdanj papirnato obliko. Naj omenimo, da se v zadnjih letih, poleg fotografske, pojavlja tudi video dokumentacija, ki vključuje spletne kamere. Spletne kamere so uporabljene tudi v promocijske namene, kot na primer med gradnjo Fakultete za računalništvo in informatiko. Fiksne spletne kamere so vsakih nekaj sekund shranile sliko. Poleg dokumentiranja poteka projekta so shranjene slike služile za generiranje krajšega filma celotne gradnje.

Danes ponudniki storitev fotografske dokumentacije ponujajo spletne portale za dokumentacijo, ki lahko gostijo vse projektne informacije in omogočajo enostavno in takojšnjo uporabo. Gradbena podjetja s težnjo po boljši organiziranosti dokumentacije implementirajo dokumentacijske sisteme, ki ponujajo veliko prednosti pri pregledu projekta v živo.

Fotografska dokumentacija služi tudi kot „arhiv“ v obliki podatkovne zbirke, s pomočjo katere se končni uporabnik - odločevalec lažje odloča za odpravo morebitnih napak, nastalih pri izvedbi delovnih procesov, za nadgradnjo že izvedenega, spremembe delovnih procesov ipd. Fotografije iz nastale strukturirane zbirke so v končni fazi zelo dobrodošle tudi pri sestavljanju poročil za različne namene ter predstavljajo neizpodbitno podporo le tem, najsi bodo to poročila o izvedenem delu, o morebitni zakasnitvi predvidene izvedbe določenega dela, poročila o delu, ki še mora biti izvedeno, ali, kot že omenjeno, pri reševanju sporov na sodišču.

Glede slednjega naj omenimo zagotovo enega odmevnejših primerov iz sosednje Avstrije. Gradnja tretjega terminala dunajskega mednarodnega letališča je občutno prekoračila tako časovno kot stroškovno načrtovanje. Iz prvotno načrtovanih 400 milijonov evrov se je znesek na koncu več kot podvojil. Poleg tega so gradnjo končali z večletno zamudo, namesto leta 2008 so terminal odprli šele junija 2012 [72]. Zaradi navedenega je več kot pričakovano, da je primer pristal na sodišču, pri njegovi obravnavi pa so potrebovali primerne dokaze. Kot posledica je tako nastal prvi elektronski sistem v Avstriji, namenjen fotografski dokumentaciji takih razsežnosti [38].

Integracija fotografske dokumentacije v BIM

V zadnjih letih zasledimo tudi vedno več poskusov integracije fotografske dokumentacije v koncept informacijskega modela zgradbe. Integracija fotografske dokumentacije v BIM pomeni poenotenje vizualne gradbene dokumentacije in omogoča takojšen vpogled v primerjavo med modeliranim in realnim stanjem. Med dobro sprejete poskuse take integracije prav gotovo sodi *Multivista® BIM Integration Program*, ki direktno povezuje dokumen-

tacijsko programsko opremo *Multivista®* (*Exact-Built®*) in BIM modele, kreirane s programsko opremo *Autodesk®* *Revit®*, *Navisworks®* in *BIM 360™* *Glue/Field* [13, 51]. Več o tem bomo predstavili v nadaljevanju.

Poglavje 3

Primerjava obstoječih produktov

Zaradi tehnoloških trendov, omenjenih v poglavju 1.3 Glavni tehnološki trendi v gradbeništvu je popolnoma razumljivo, da se na tržišču iz dneva v dan pojavlja vedno več rešitev, ki bi pripomogle h konkurenčni prednosti ponudnikov in večji uporabnosti produktov, ki jih ponujajo kot podporo vedno bolj uveljavljenim modelom v gradbeništvu. Ob pregledu spleta, smo se tako odločili pod drobnogled postaviti le peščico takih ponudnikov oziroma njihovih produktov, ki so v stroki že dokaj dobro prepoznavni in ponujajo storitve enake ali podobne našemu sistemu za podporo fotografskemu dokumentiranju v gradbeništvu.

Pri analizi obstoječih produktov za enake namene se bomo osredotočili na sledeče ponudnike podobnih storitev, ki imajo skupno točko v vizualizaciji dokumentacije tudi s pomočjo fotografije:

- Multivista Systems, LLC [51]
- PREVERA Consulting GmbH [57]
- think project! International GmbH & Co. KG [67]
- ArchiSnapper [5]

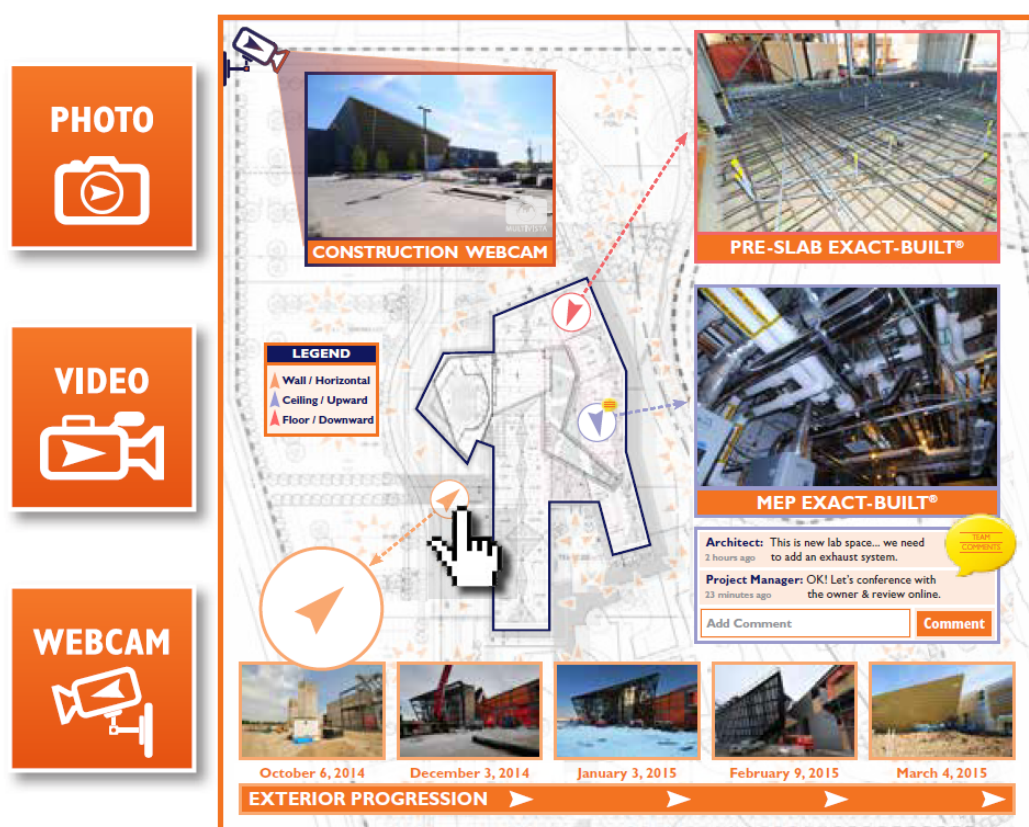
Lahko rečemo, da fotografije predstavljajo standard pri izvedbi gradbenega projekta. Točno prikazujejo napredek gradnje in morebitne pomanjkljivosti. V nadaljevanju bomo izpostavili ključne značilnosti posameznih ponudnikov, ki predstavljajo njihovo konkurenčno prednost.

3.1 Multivista Systems, LLC

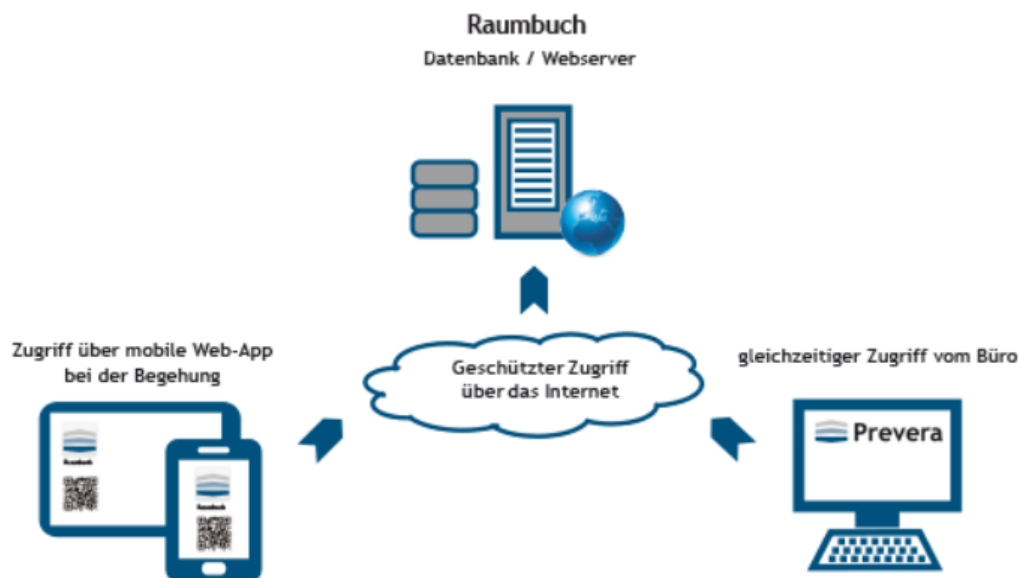
Podjetje Multivista Systems, ustanovljeno v Kanadi leta 2003, je do danes že dobro razširilo svoje poslovanje po celotni Severni Ameriki in se lahko pohvali z več kot 50 pisarnami, tudi v Angliji in Srednji Ameriki. V gradbeništvu velja za enega bolj prepoznavnih ponudnikov storitev s področja fotografije, videa in spletnih kamer [13, 66, 73]. Njihova rešitev predstavlja enostavno dosegljivo, celotno, interaktivno vizualno dokumentiranje gradbenih projektov skozi celoten življenjski cikel zgradb [51]. Kljub temu, da omogočajo kombinacijo fotografije, videa in spletnih kamer (Slika 3.1), se bomo v nadaljevanju osredotočili na mobilno aplikacijo *Multivista*.

Tako kot naš sistem tudi aplikacija *Multivista* temelji na neposrednem dostopu do gradbenega projekta z uporabo mobilne naprave od kjerkoli in omogoča dostop do fotografij, ki jih uporabnik sam zajame. Korak naprej predstavlja dostop do načrtov posameznih nadstropij in njihova takojšna označitev direktno na načrtih. Fotografijam je tako kot pri našem sistemu možno dodati besedilo. Komentarji, ki jih je možno deliti s celotno projektno ekipo ali točno določenim uporabnikom pa za razliko od našega sistema povečujejo stopnjo komunikacije med deležniki. Aplikacija omogoča vpogled v visoko-ločljivostne detajle in ponuja možnost ogleda spletnih kamer v živo.

Glavno prednost vsekakor predstavlja *Multivista BIM Intergration Program*, ki, kot že omenjeno v poglavju 2.4 Fotografska dokumentacija, povezuje dokumentacijsko programsko opremo *Multivista® (Exact-Built®)* in BIM modele, kreirane s programsko opremo *Autodesk® Revit®*, *Navisworks®* in *BIM 360™ Glue/Field*. Taka integracija omogoča vsem deležnikom direktni dostop do fotografske dokumentacije preko BIM modelov, dodaja



Slika 3.1: Vizualna dokumentacija za upravljanje zgradb in objektov - Multivista [51]



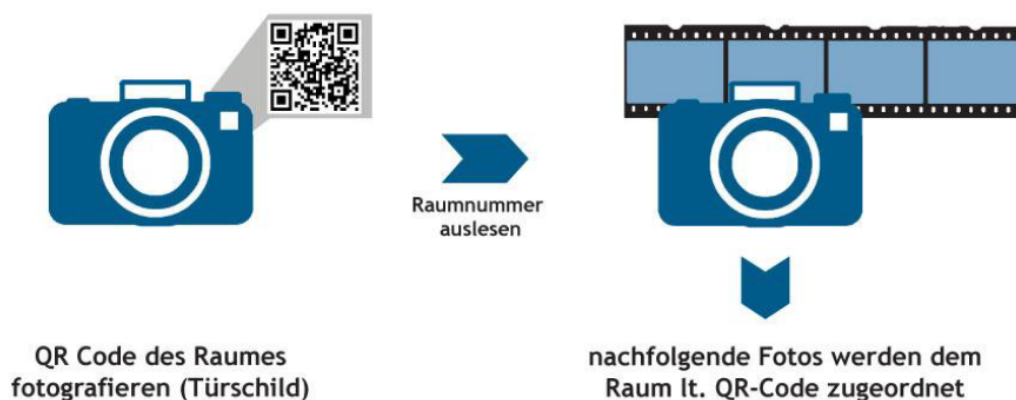
Slika 3.2: Koncept, ki ga ponuja PREVERA Consulting GmbH [57]

vrednost in podpora virtualnemu BIM modelu s fotografijami konkretnega stanja, poenoti in racionalizira projektne informacije in komunikacijo, ter omogoča dostop do celotnega upravljanja zgradbe in objekta.

3.2 PREVERA Consulting GmbH

Avstrijsko podjetje PREVERA Consulting nudi celovite rešitve na področju optimizacije gradnje. Njihove storitve so osredotočene na nepremičnine in upravljanje objektov z velikim poudarkom na svetovanju CAFM (*angl. Computer Aided Facility Management*), načrtovanju, gradnji ter upravljanju življenjskega cikla zgradb. Ponujajo spletno aplikacijo *Raumbuch*, ki temelji na mobilnosti in omogoča centralizirano upravljanje informacij o prostoru, površinah in opreми. Vsi deležniki dostopajo do enotne baze podatkov preko spleta (Slika 3.2).

Fotografska dokumentacija v aplikaciji *Raumbuch* predstavlja samostojen modul, ki omogoča poenostavljen zajem fotografij in njihovo organiziranost



Slika 3.3: Zajemanje fotografske dokumentacije s pomočjo QR kod [57]

v sistemu. Za pregledno organiziranost fotografij so poskrbeli s prepoznavnimi QR kodami¹, ki opisujejo ustrezno sobo ali komponento. QR kode so označene na vnaprej določenem mestu. Pred fotografiranjem uporabnik najprej fotografira kodo in nadaljuje s fotografiranjem v prostoru, katerega koda označuje. Vse fotografije zajete po fotografiranju kode so označene s številko prostora, kateremu je koda dodeljena (Slika 3.3) [57].

3.3 think project! International GmbH & Co. KG

Think project!, nemškega podjetja think project! GmbH, je rešitev v oblaku, posebej prilagojena za zahteve gradbenih in inženirskih projektov. Programska oprema je na voljo na internetu in ponuja enostaven in hiter dostop do projektne infrastrukture, ki omogoča učinkovite delovne procese. Rešitev je precej fleksibilna, saj ponuja možnost izbire le enega ali nekaj modulov, ki so

¹Koda QR (*angl. QR code*) je matrična oz. dvodimenzionalna (2D) črtna koda, ki jo je za potrebe avtomobilskega proizvajalca Toyota leta 1994 razvila njegova podružnica Denso-Wave. Beseda QR je kratica za angleški besedi „*Quick Response*“, kar pomeni „hiter odziv“. Vir: prosta enciklopedija Wikipedija.

lahko samostojno prilagojeni ali nadgrajeni. Moduli so nazorno prikazani na Sliki 3.4, med katerimi je tudi fotografska dokumentacija [67]. Ena od prednosti njihovega sistema je možnost uporabe enega ali več modulov v različnih kombinacijah.

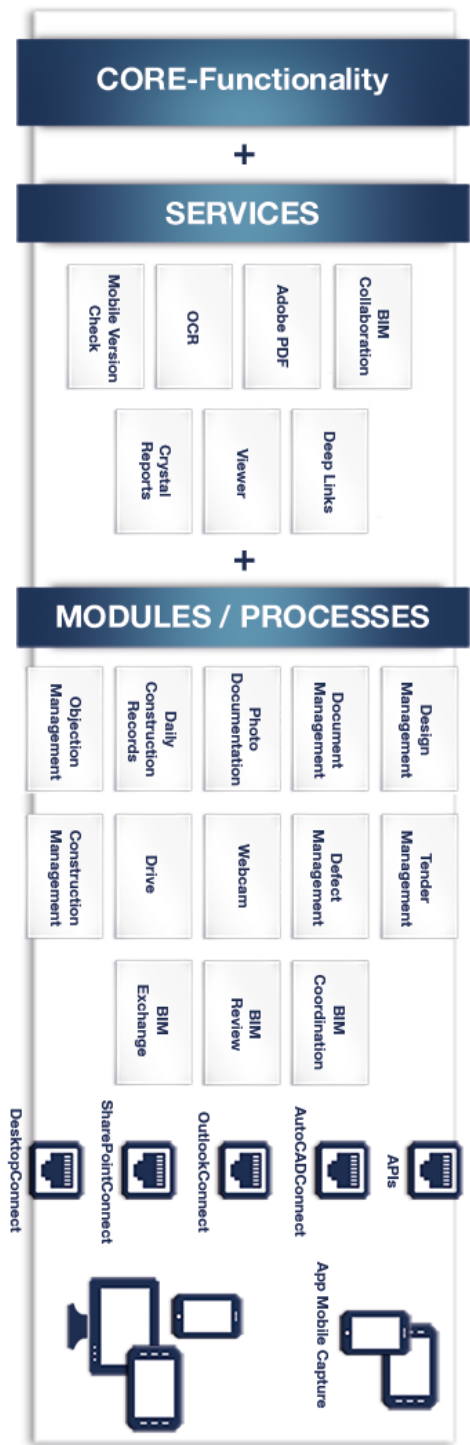
Arhiv digitalnih fotografij za vizualno dokumentacijo gradbenih projektov tvori pomembno osnovo bolj podrobne dokumentacije. Podpira različne formate fotografij, ki jih opremi z informacijami o datumu in lokaciji, kdaj in kje je bila fotografija posneta, možno pa je ustvariti tudi tekstovni opis. Vsi podrobni podatki predstavljajo iskalni kriterij, po katerih je enostavneje in hitreje priti do želenih fotografij v celotnem sistemu. Modul ponuja tudi izdelavo fotografskih poročil.

3.4 ArchiSnapper

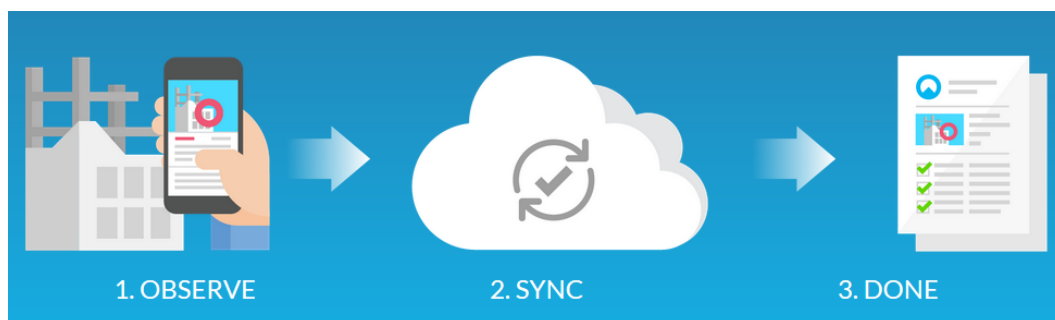
ArchiSnapper je aplikacija za izdelavo terenskih poročil, seznamov del ob ključku gradbenega projekta, revizij poteka projekta in varnostnih poročil, za katero stoji belgijska programerska ekipa vse od leta 2012. Namenjena je arhitektom, pogodbenikom, inženirjem, nepremičninskim razvijalcem in strokovnjakom za varnost. Uporabniki lahko sestavijo osnutek poročila direktno na gradbišču, ga varno sinhronizirajo z oblakom, kasneje popravijo, če je potrebno in pošljejo naprej iz pisarne. Aplikacija omogoča zajem pomembnih informacij, fotografij, ter pisanje komentarjev in drugih zapiskov z mobilno napravo. Do projekta lahko uporabniki dostopajo neprestano, saj so vse informacije shranjene v oblaku (Slika 3.5).

Aplikacija prihrani veliko časa, ki ga zahteva administrativno delo ob pisanju poročil. Možno jo je namestiti na operacijska sistema Android in iOS, pred pričetkom uporabe pa je potrebno na spletu ustvariti uporabniški račun.

Aplikacijo omenjamo, ker gre za enega od spletnih servisov, ki nudijo podporo ostalim modelom v gradbeništvu, čeprav ni direktno povezana z njimi. Danes najdemo na spletu veliko podobnih spletnih servisov, ki si vsak



Slika 3.4: Oblak sodelovanja rešitve think project! [67]



Slika 3.5: Delovanje aplikacije ArchiSnapper [5]

po svoje utira pot na tržišču. Naj izpostavimo le nekaj aplikacij za gradbene projekte, ki jih prinaša tehnološki napredek in nova era računalništva, ter so povezane s fotografijo: MagicPlan, Houzz, AutoCAD 360, Photoshop Express, Dropbox. . .

Vsaka aplikacija po svoje ponuja določeno storitev. Tako kot ArchiSnapper jih še veliko ni povezanih z ostalimi modeli v gradbeništvu, vendar so možnosti neomejene. Na koncu se vprašamo, kolikšen je dejansko smisel omenjene povezave. Marsikatera aplikacija res da predstavlja podporo obstoječim, večjim in bolj kompleksnim sistemom, vendar so razlogi za njihov nastanek drugače. Zaradi svoje zelo enostavne uporabe in ciljane storitve predstavljajo popolnoma drugo sfero produktov. Ne zajemajo procesov tako celovito kot na primer BIM tehnologije, pa kljub temu pripomorejo k učinkovitejšemu in hitrejšemu delu, ter s tem cenejši izvedbi gradbenih projektov. Njihova uporaba pa predstavlja zanemarljiv cenovni strošek v primerjavi z investicijami pri uvedbi celovitejših rešitev.

3.5 Motivacija za razvoj lastnega sistema

Navedli smo nekaj obstoječih modelov in aplikacij, ki ponujajo celovite ali delne rešitve, ki se nanašajo na fotografsko dokumentacijo v gradbenih projektih. Zaradi potrebe podjetja, s katerimi imamo možnost sodelovati, smo se odločili za razvoj lastnega sistema, ki se osredotoča le na eno storitev –

fotografsko dokumentacijo. Implementacija našega sistema bo predvidoma potekala v avstrijskem podjetju Pöttinger,² na sedežu podjetja v Zgornji Avstriji, v kraju Grieskirchen. Podjetje z več kot 140 letno zgodovino se v glavnem ukvarja z izdelavo kmetijskih strojev, ki pa zaradi širitve proizvodne linije načrtuje gradnjo nove proizvodne hale. V podjetju so izrazili željo po enostavnem sistemu, s katerim bi lahko enotno vodili fotografsko dokumentacijo od začetka do konca gradbene faze. Ker je podjetje v našem primeru investitor, izvajalec gradnje pa ne, bo v njihovem primeru razvit sistem oziroma zajeta dokumentacija predstavljala tudi nadzor izvedbe gradbenega projekta.

Ob pregledu ostalih produktov na tržišču lahko med prednosti našega sistema zagotovo štejemo naslednje:

- Prihranjen čas z urejanjem fotografij neposredno na lokaciji fotografiranja.
- Poleg fotografije je podanih več informacij z opisnim besedilom.
- Boljši pregled izdelane strukture map.
- Hitro nalaganje fotografij v strukturirano zbirko podatkov.
- Neposreden dostop do vseh fotografij v pisarni ali na poti.
- Visoka varnost podatkov z naprednimi strežniki s prostorsko izoliranim podpornim sistemom.
- Nizek strošek, saj gre za uporabo sistema in ne njegov nakup.
- Obsežna uporaba zbranih fotografij za dokumentacijo, poročila, marketinške namene itd.

Kljub temu, da naš sistem predstavlja samostojen spletni servis, ga lahko uporabimo v podporo obstoječim celostnim modelom. Če se vrnemo na uporabo BIM tehnologij, lahko z našo aplikacijo priskrbimo informacije, ki predstavljajo vizualni del modela. Prav tako je možen prenos opisa fotografij

²www.poettinger.at

oziroma tekstovnega dela v gradbeni dnevnik. Vse podatke bi lahko prenesli preko interneta s pomočjo strežnika, omenjenega v poglavju 2.3 Spletni servisi na Sliki 2.8, ter tako dostopali do razvojnih orodij modela BIM. Integracija fotografske dokumentacije v koncept informacijskega modela zgradbe bi bila v našem primeru izvedljiva.

Poglavje 4

Razvoj sistema v pomoč dokumentiranju v gradbeništvu

Zaradi velikega števila vpletenih v procese gradbenih projektov fotografsko dokumentacijo večinoma ustvarjajo različne osebe vključene v delovni proces na projektu. Poleg tega se pojavlja tudi problem, da v veliki večini primerov oseba, ki ustvari fotografijo in opisno besedilo, ni končni uporabnik podatkovne zbirke fotografske dokumentacije. Zato je njena enotna struktura še toliko bolj pomembna.

Z razvojem preprostega sistema v pomoč dokumentiranju in optimiziranju vodenja fotografske dokumentacije v gradbeništvu želimo:

- ustvariti enostaven sistem, razumljiv večini udeležnim pri izvedbi projekta,
- poenostaviti pot fotografske dokumentacije med njenim ustvarjalcem in končnim uporabnikom podatkovne zbirke,
- uporabiti oziroma združiti že obstoječa delovna sredstva,
- dodati organizacijski faktor pri zbiranju večje količine slikovnega in opisnega materiala,
- uporabniku prihraniti čas z urejanjem fotografij,

- uporabniku omogočiti urejanje fotografij neposredno na lokaciji fotografiranja,
- omogočiti neposreden dostop do vseh fotografij kjerkoli in kadarkoli,
- omogočiti hitro nalaganje fotografij v strukturirano zbirko podatkov,
- optimizirati delovni proces, ki se nanaša na zajem in vodenje dokumentacije.

Pri razvoju smo poskrbeli tudi za visoko varnost podatkov z naprednimi strežniki s prostorsko izoliranim podpornim sistemom. Poleg fotografije je z opisnim besedilom podanih več informacij, sistem pa omogoča tudi pregledno strukturo map.

Naš cilj je torej ustvariti pregleden in enotno strukturiran sistem vodenja fotografske dokumentacije, ob hkratni optimizaciji delovnega procesa in uporabi sodobnih komunikacijskih orodij ter delovnih sredstev. Torej, ustvariti čim bolj pregledno podatkovno zbirko, ki bo služila arhiviranju trenutnega stanja na gradbišču in omogočala lažje odločitvene procese v nadaljevanju izvedbe projekta.

Naš sistem združuje že morebitna obstoječa delovna sredstva in dodaja organizacijski faktor pri zbiranju večje količine slikovnega in opisnega materiala. Sistem je namenjen avstrijskemu trgu, poimenovali pa smo ga „fotodoku” in je dosegljiv v spletni trgovini mobilnih aplikacij Amazon.

V nadaljevanju se bomo poglobili v ozadje razvoja sistema, in sicer v predstavitev izdelave strukture mobilne aplikacije in strukture uporabniškega vmesnika na namiznem računalniku. Nadaljevali bomo z obrazložitvijo uporabljenih tehnologij pri razvoju in primerjavo razvitega sistema z obstoječimi produkti za enake namene oziroma s ponudniki podobnih storitev.

4.1 Načrtovanje sistema v pomoč dokumentiranju v gradbeništvu

Kot ogrodje za razvoj mobilne aplikacije in zalednega sistema smo sestavili strukturo aplikacije in uporabniškega vmesnika na namiznem računalniku, ki je služila kot vodilo njenemu razvijalcu. Struktura je delno že prilagojena potrebam končnega uporabnika, skozi fazo testiranja in implementacije pa jo je možno še dopolniti in nadgraditi.

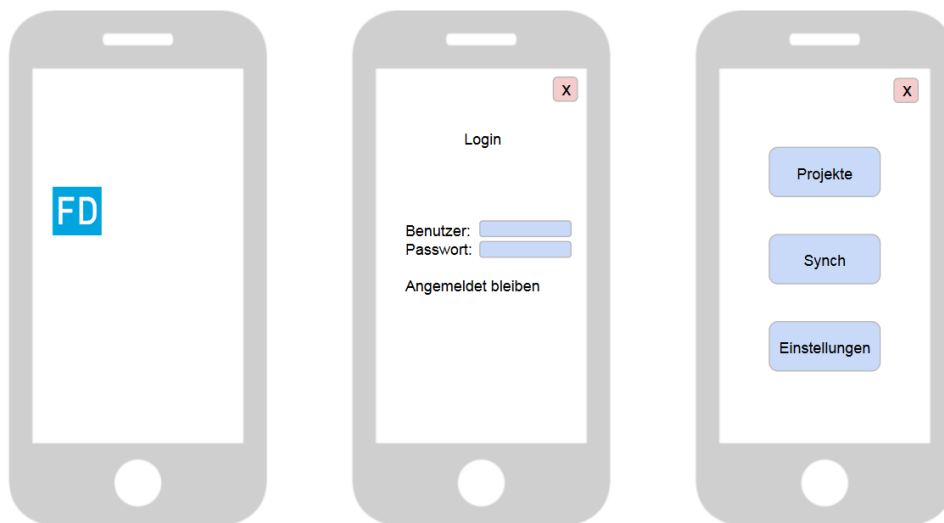
4.1.1 Struktura aplikacije

Funkcionalnost aplikacije stoji predvsem v enotnem vodenju fotografske dokumentacije, ki vsakodnevno nastaja (v našem primeru) na gradbišču. Vodenje le te mora biti natančno in v okviru določenih parametrov, kot so na primer lokacija, trenutno stanje na tej lokaciji, dodatni besedni opis, ki ga slika ne zajame in podobno. Uporabniška izkušnja mora biti preprosta in hitra, saj le s takšnim načinom dela dosežemo optimizacijo obstoječega delovnega procesa, ki se nanaša na vodenje dokumentacije.

Predstavitev strukture aplikacije prikazuje Slika 4.1, iz katere je razviden prvi del strukture:

- simbol aplikacije, ki se pojavi ob namestitvi le te na mobilno napravo,
- prijavni podatki, ki jih uporabnik vpiše ob prijavi,
- osnovna struktura aplikacije v obliki zavihkov (projekti, sinhronizacija in nastavitve).

Ko se aplikacija prvič zažene, se prikaže zaslon z logotipom aplikacije. Da lahko uporabnik naloži fotografije v zaledni sistem, se mora najprej prijaviti. Prijavne podatke določi vodja skupine, zadolžene za tovrstno dokumentiranje v času izvedbe projekta. Uporabnik vnese svoje ime in geslo. Ob zagonu aplikacije se preveri, ali so se podatki o prijavi shranili. V primeru napake je podano ustrezno sporočilo.



Slika 4.1: Osnovna struktura aplikacije

Po prijavi se odpre zavihek projekti. Med zavihki „Projekti”, „Sinchronizacija” in „Nastavitve” se je možno premikati s klikom na posamezni zavihek ali s potegom v smeri desno ali levo.

Zavihek „Projekti”

Projektne del strukture aplikacije prikazuje Slika 4.2. Projekti v našem primeru predstavljajo lokacije, kjer so fotografije zajete. Zaradi boljše organiziranosti in preglednosti projekte poimenuje vodja skupine.

Da bi se izognili nepredvidenim spremembam projektne strukture, v sami aplikaciji posamezni uporabniki aplikacije te možnosti nimajo. Projektno strukturo je možno spreminjati le na namizju, ta del pa je dovoljen vodji skupine za dokumentiranje in uporabnikom, ki jih določi vodja.

V zavihku „Projekti” je možna navigacija po posameznih projektih in posodobitev seznama s potegom navzdol („*pull to refresh*”). Projekti se posodobijo v povezavi z zalednim sistemom ne glede na vrsto povezave, mobilno ali brezžično. Pri tem se posodobijo le projekti.

Po izbiri projekta sta na razpolago dve možnosti, in sicer prikaz vseh že



Slika 4.2: Projektni del strukture aplikacije

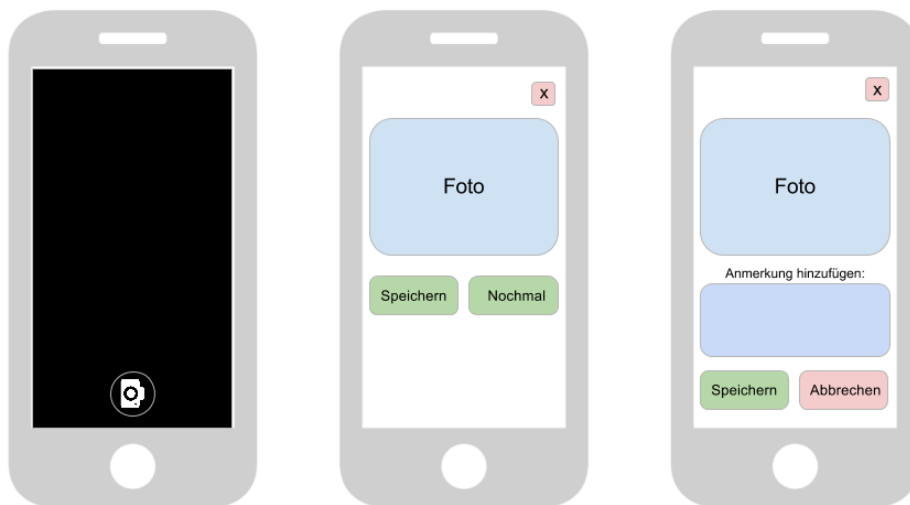
zajetih fotografij v okviru izbranega projekta ter možnost fotografiranja.

S klikom na prikaz vseh že zajetih fotografij uporabnik odpre seznam vseh fotografij v sklopu posameznega projekta.

Pri izboru možnosti fotografiranja uporabnik fotografira, fotografijo potrdi ali zavrne in ponovno fotografira. Po potrditvi zajete fotografije lahko uporabnik le to razširi z dodatnimi informacijami v obliki besedila, ki se bodo po potrditvi shranile skupaj s fotografijo (Slika 4.3).

Zabeležene informacije ob zajeti fotografiji lahko delimo na dve skupini, implicitne in izrecne narave. Kot informacije izrecne narave lahko navedemo opis oziroma opombo v obliki besedila. Informacije implicitne narave pa so:

- uporabnik (ustvarjalec) fotografije,
- datum nastanka fotografije,
- zemljepisni podatki (če jih je mogoče določiti).



Slika 4.3: Zajem fotografij

Zavihek „Sinhronizacija”

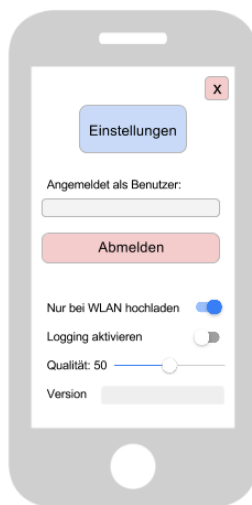
Sinhronizacija podatkov poteka samodejno. Pregled fotografij, ki še niso naložene, je viden v zavihku „Sinhronizacija”. Seznam je možno posodobiti s potegom navzdol („*pull to refresh*”).

Zaradi varnosti je fotografija najprej shranjena lokalno na mobilni napravi, istočasno pa se postavi v vrsto za sinhronizacijo. Ta vrsta je obdelana asinhrono in naloži fotografije s pripadajočimi opisi na zalednem sistemu.

Prenos podatkov je možen le iz aplikacije na centralni strežnik. Podatke je možno sinhronizirati s centralnim strežnikom tudi kasneje, kar pomeni da je aplikacija uporabna tudi brez povezave z mobilnim in brezžičnim omrežjem. Sinhronizacija podatkov poteka samodejno, ko je uporabnik povezan z brezžičnim omrežjem.

Kasneje je možno dodati tudi možnost prenosa podatkov s centralnega strežnika do aplikacije. Ta prenos se bo nanašal le na popravke in dopolnitve besedila ob že zajetih fotografijah.

Ko so fotografije naložene na centralni strežnik, visijo na dinamični strukturi, ki jo je možno centralno urejati na namizju. Fotografije so samodejno



Slika 4.4: Nastavitve

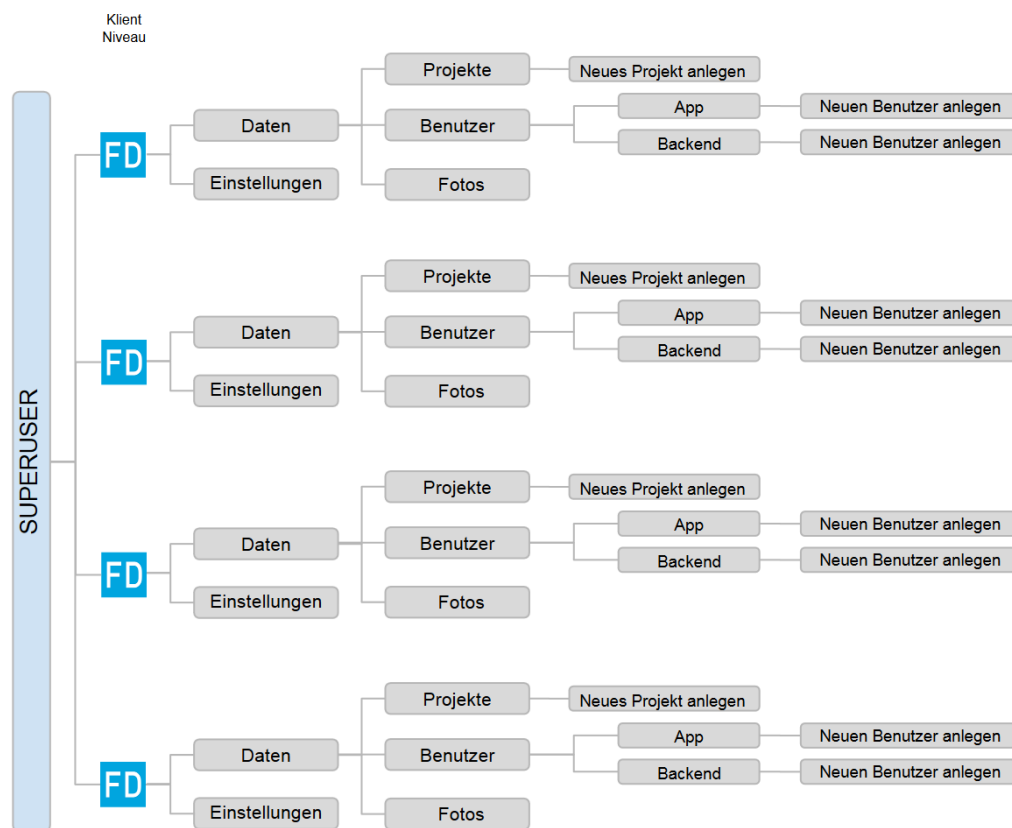
dodeljene posameznim projektom, na namizju pa je možno tudi spremeniti poimenovanja omenjenih projektov.

Zavihek „Nastavitve“

V zavihku „Nastavitve“ imamo naslednje možnosti (Slika 4.4):

- odjava uporabnika iz aplikacije,
- nastavitev nalaganja fotografij z opisom na centralni strežnik predvidoma le ob vzpostavljeni brezžični povezavi,
- aktivacija pošiljanja sporočil razvijalcu aplikacije ob morebitnih napakah, ki bi se utegnile pojaviti ob uporabi aplikacije,
- nastavitev kakovosti fotografije,
- navedba verzije nameščene aplikacije.

Ob pojavu nove verzije v spletni trgovini bo uporabnik obveščen v zavihku „Nastavitve“. Prav tako ga na pojav nove verzije obvesti tudi sistem spletne trgovine.



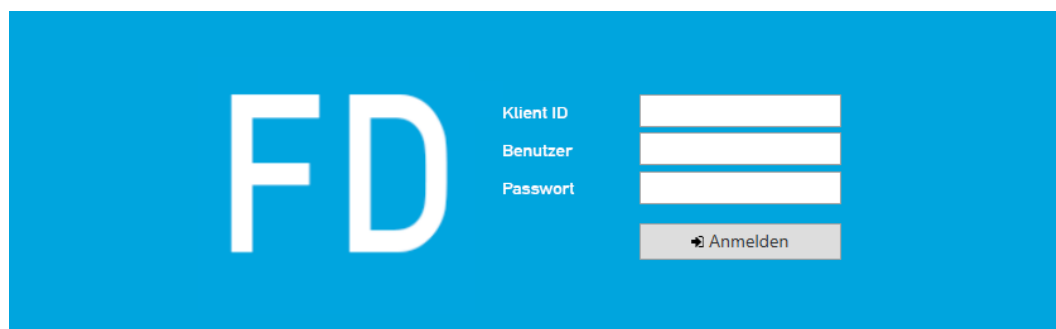
Slika 4.5: Struktura namizja

4.1.2 Struktura namizja

Projektne strukture v aplikaciji uporabnik upravlja preko namizja. Struktura namizja z vključenim glavnim uporabnikom (*superuser*), ki je mišljen kot serviser in podpora naročnikom oziroma uporabnikom aplikacije na terenu ter oseba, ki ima nadzor nad celotno strukturo, je prikazana na sliki 4.5.

Prvi nivo označuje glavnega uporabnika, ki ima nadzor nad vsemi pod-nivoji. Vodja skupine ima nadzor en nivo nižje, na drugem nivoju. Ta je označen s simbolom aplikacije, „FD”, ter ponazarja nivo dostopa naročnika. V nadaljevanju bomo podrobneje predstavili strukturo namizja skozi uporabniško izkušnjo.

Pri prijavi v namizje mora uporabnik navesti identifikacijsko številko



Slika 4.6: Prijava v namizje

naročnika, ime uporabnika in geslo (Slika 4.6).

Po potrditvi vnesenih prijavnih podatkov vodja skupine vstopi do namizja, kjer lahko ureja podatke in nastavitve. Pod podatke v našem primeru štejemo projekte, uporabnike aplikacije in fotografije.

Projekti na namizju

Uporabnik/naročnik, ki je v našem primeru vodja skupine, v zavihku „Projekti“ ustvari, poimenuje in ureja nove projekte s pripadajočimi podprojekti (Slika 4.7). Projekte lahko v istem zavihku tudi osveži oziroma sinhronizira.

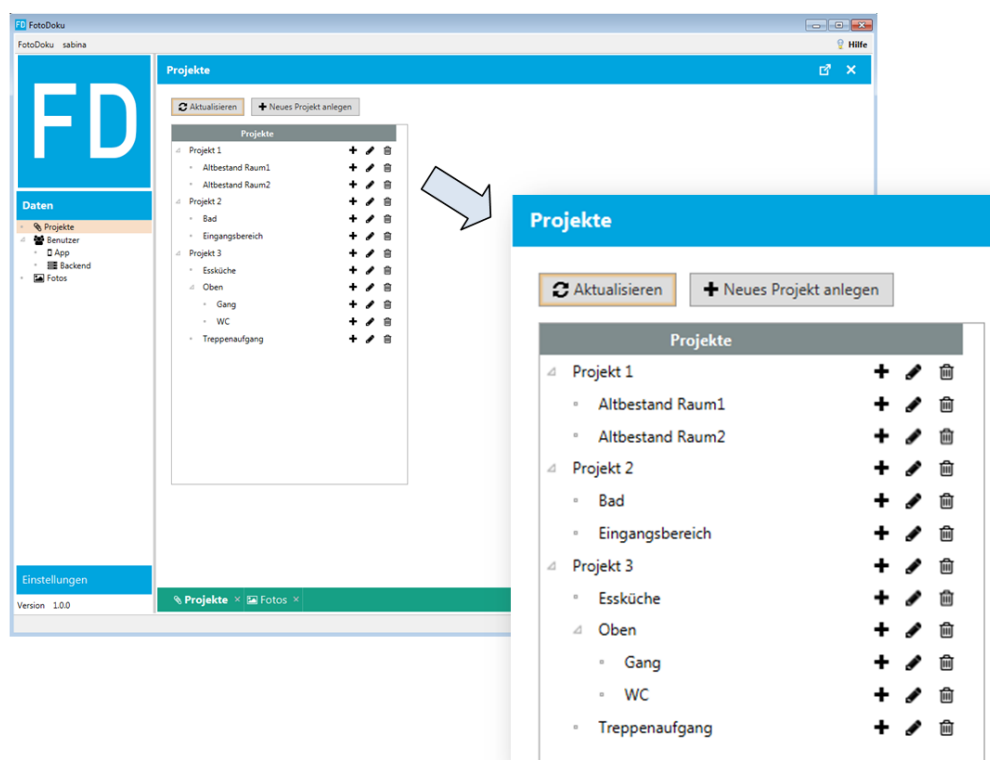
Projekte lahko urejajo tudi uporabniki, ki jim vodja skupine dodeli pravico urejanja.

Urejanje uporabnikov na namizju

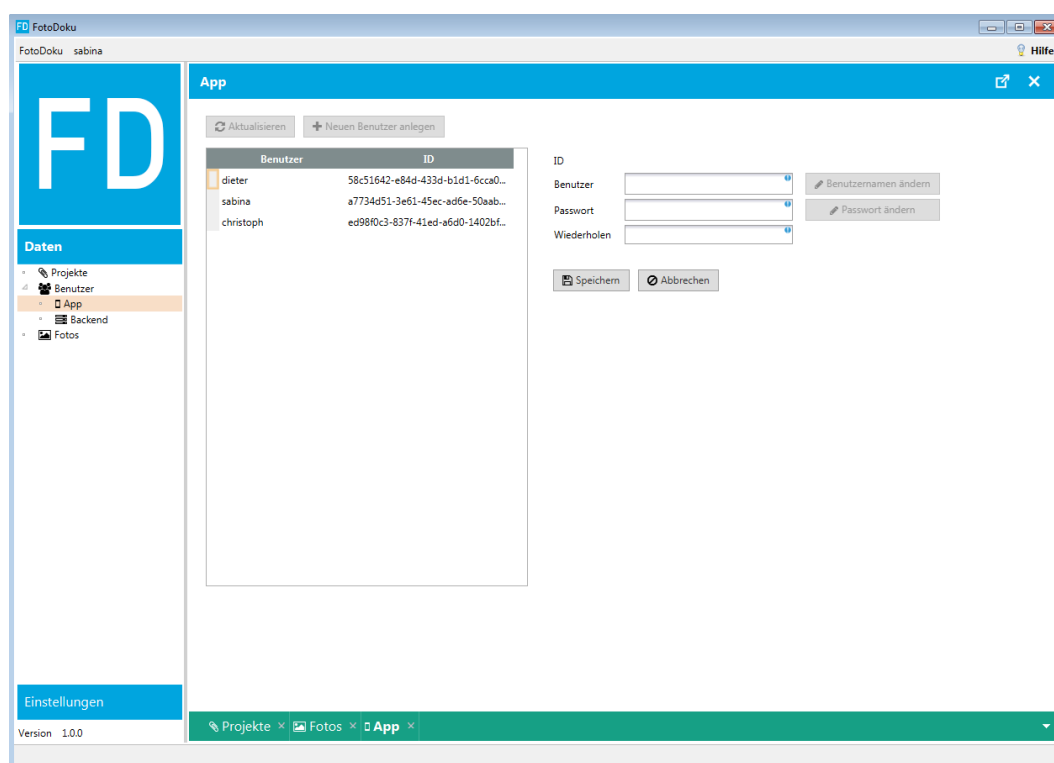
Vodja skupine določi prijavne podatke za člane dokumentacijske skupine. Pri tem ima na izbiro dve možnosti, določitev prijavnih podatkov in dostopnih pravic za uporabnike aplikacije ter za uporabnike namizja.

Pri uporabnikih aplikacije vodja skupine določi ime uporabnika in njegovo vstopno geslo, ki ga iz varnostnih razlogov pri vpisu ponovi (Slika 4.8).

Pri uporabnikih namizja vodja skupine poleg imena uporabnika in gesla določi tudi pravice posameznega uporabnika pri dostopu do treh različnih področij (Slika 4.9):



Slika 4.7: Projekti na namizju



Slika 4.8: Urejanje prijavnih podatkov za dostop do aplikacije

- uporabniki,
- projekti in
- fotografije.

Za vsako področje ima vodja skupine možnost določiti naslednje pravice:

- Uporabnik nima pravic.
- Uporabnik ima pravico pisanja in urejanja.
- Uporabnik ima pravico branja.

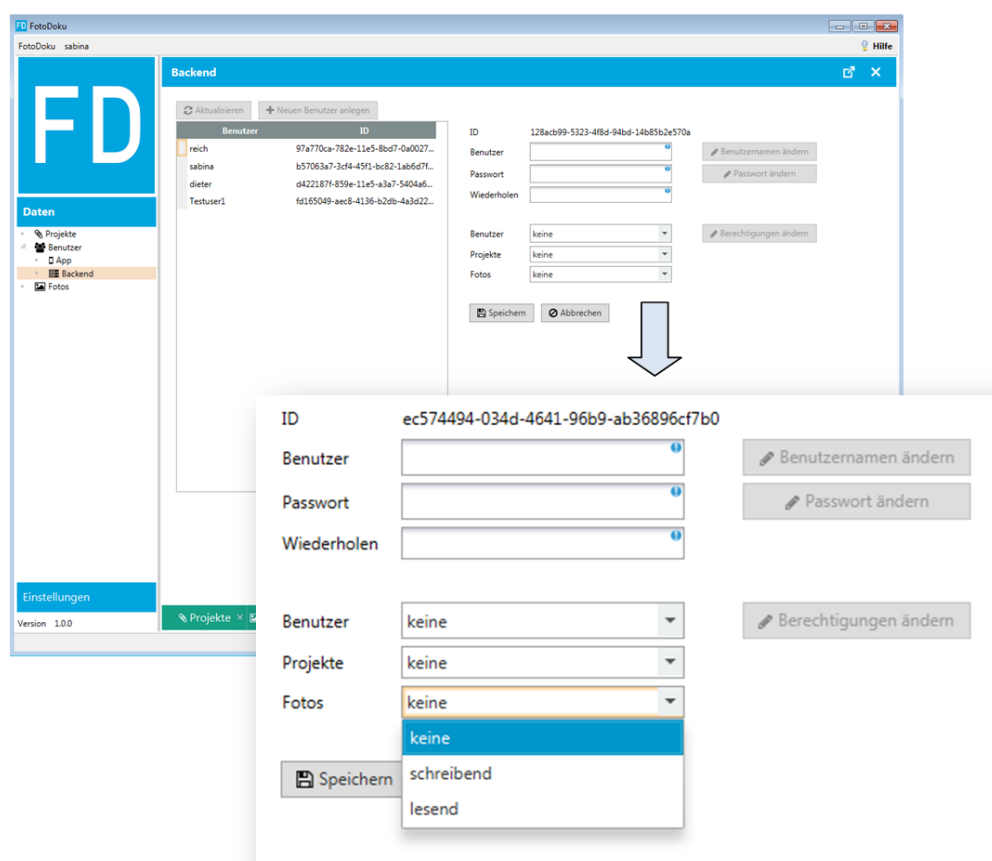
Fotografije na namizju

Fotografije se v posamezne projekte nalagajo na dva načina, preko aplikacije na mobilnih napravah ali direktno na namizju. V prvem primeru so originalne fotografije shranjene na mobilni napravi, ki je fotografijo posnela. Pri nalaganju fotografij preko namizja pa naložimo fotografije shranjene na računalniku, na katerem je namizje odprto. Seznam vseh fotografij osvežimo s klikom na možnost sinhronizacije.

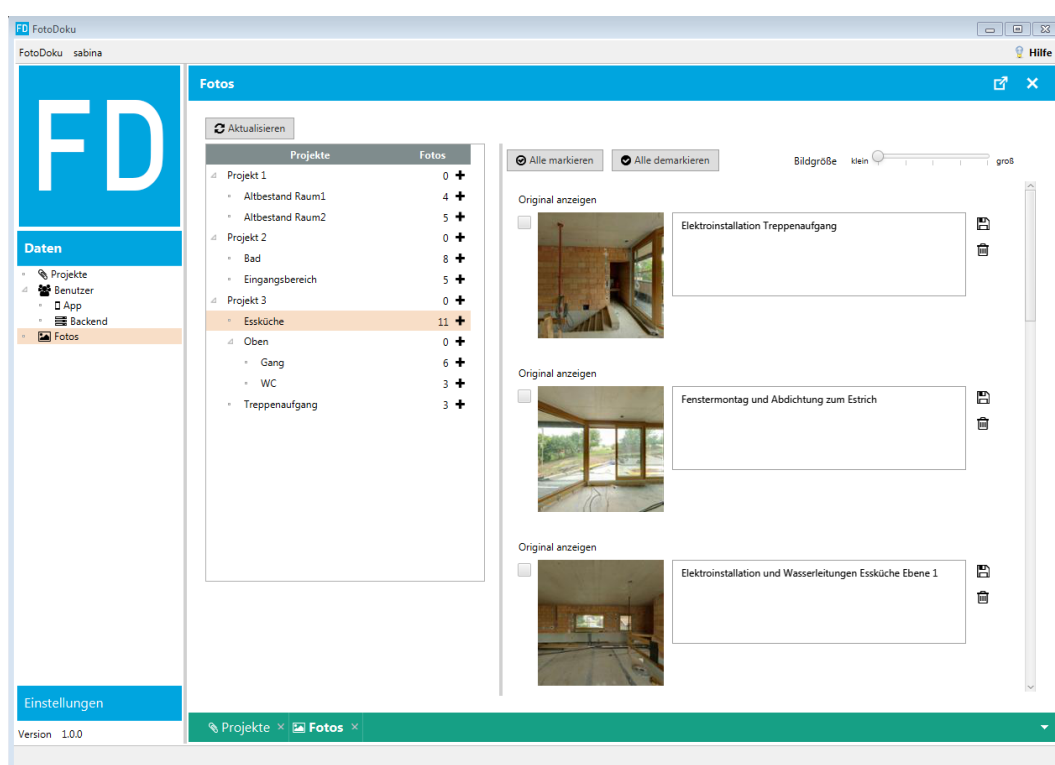
Preko namizja pod zavihkom fotografije lahko nalagamo nove fotografije, dodajamo in popravljamo opis posameznih fotografij, jih brišemo ter spreminjamo velikost prikaza fotografij na namizju. (Slika 4.10)

4.2 Uporabljene tehnologije

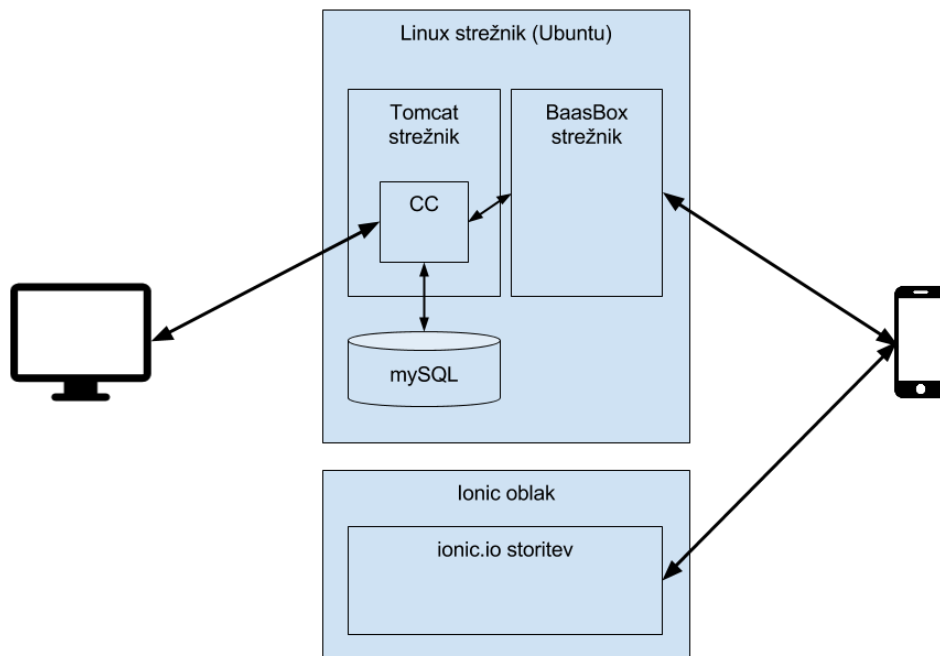
Za razvoj sistema v pomoč dokumentiranju in optimiziranju vodenja fotografske dokumentacije smo uporabili brezplačno dostopne sisteme in vire.



Slika 4.9: Urejanje prijavnih podatkov za dostop do namizja



Slika 4.10: Fotografije na namizju



Slika 4.11: Uporabljene tehnologije pri izdelavi zalednega sistema

4.2.1 Uporabljene tehnologije pri izdelavi zalednega sistema

Uporabnik se prijavi v namizje preko spletnega brskalnika in Java aplikacije. Java aplikacija se zažene preko XML zasnovanega protokola JNLP (*Java Network Launch Protocol*).

Uporabljene tehnologije so podrobneje ponazorjene na sliki 4.11, iz katere so razvidni posamezni elementi ter odnosi oziroma relacije med njimi:

Elementi:

1. **Strežnik Linux (Ubuntu):** Za osnovni strežnik smo uporabili Linux, ki ima spletno gostovanje pri nemškem podjetju Hetzner [37]. Linux je prost OS s prosto dostopno izvirno kodo. Na njem je nameščen

OS Ubuntu. Linux deluje kot abstraktna plast med strojno opremo in ostalo programsko opremo.

2. **Strežnik Tomcat:** Apache Tomcat je aplikacijski strežnik, na katerem tečejo spletne aplikacije Java. Je prosta programska implementacija za tehnologije kot so *Java Servlet*, *JavaServer Pages*, *Java Expression Language* in *Java WebSocket*. Vse so razvite pod okriljem *Java Community Process* [3].
3. **CaptainCasa:** CaptainCasa Enterprise odjemalec je bogato programsko ogrodje za učinkovit razvoj visoko kvalitetnih uporabniških sistemov (*frontends*) pred strežniško stranjo aplikacij [14]. CC (*CaptainCasa*) je ogrodje Java, ki v zaledju sloni na tehnologiji JSP (*Java Server Pages*). Posebnost CC je odjemalec, ki teče kot aplikacija *Java Swing* ali *Java FX* (čisti HTML odjemalec je trenutno v fazi beta testiranja).
4. **BaaSBox:** BaasBox je strežnik BaaS (*Backend as a Service*) oziroma prost zaledni strežnik za mobilne aplikacije [10]. Upravlja s komunikacijo do aplikacije na mobilni napravi. Izmenjava podatkov, ki so v formatu JSON (*Java Script Object Notation*), temelji na spletni storitvi RESTful (*constrained Representational State Transfer*). Ta hrani podatke v interni podatkovni zbirki *NoSql DB (OrientDB)*, v kateri so shranjene tudi fotografije.
5. **mySQL:** MySQL je najbolj razširjena prosta podatkovna zbirka. Zaradi samega delovanja, zanesljivosti in enostavne uporabe je postala najbolj izbrana podatkovna zbirka za spletne aplikacije, ki jo uporabljajo tudi dobro znane spletne strani kot so Facebook, Twitter, YouTube, Yahoo! in druge [52]. V našem primeru podatkovna zbirka mySQL vsebuje meta podatke aplikacije *fotodoku*, kot so na primer odjemalci, uporabniki in njihove vloge.
6. **ionic.io:** Na platformi ionic.io stoji ogrodje ionic, ki smo ga uporabili za razvoj hibridne aplikacije za mobilne naprave. V našem primeru smo

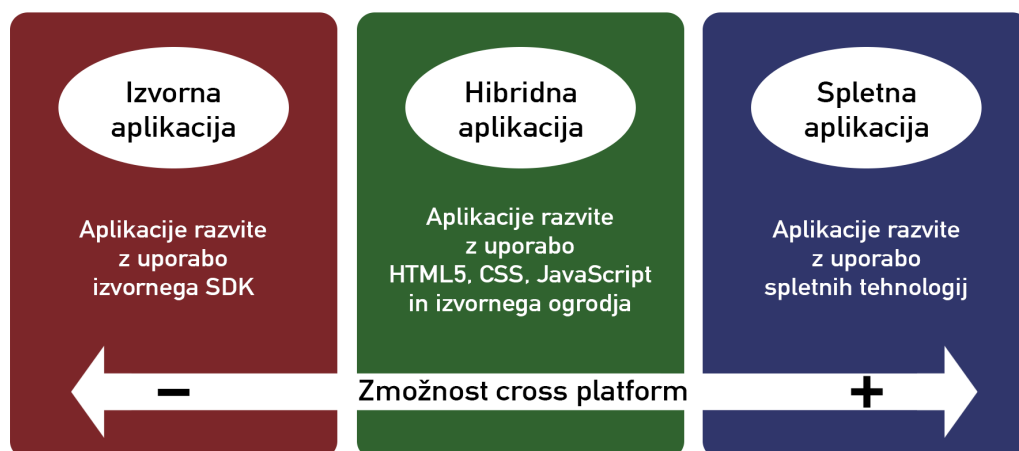
uporabili njegovo posebnost osveževanja aplikacije, ki se vrši direktno s platforme ionic.io. Pri tem ni potrebno predložiti nove verzije aplikacije uradni spletni trgovini kot sta *Google Play Store* ali *Amazon App Store*. Ostale storitve, ki jih omogoča, bi bile prijava in pošiljanje opozoril.

Odnosi oziroma relacije med elementi:

1. ***Mobilna naprava*** \Leftrightarrow ***ionic.io***: Mobilna naprava s pomočjo platforme ionic.io prejema posodobitve aplikacije.
2. ***Mobilna naprava*** \Leftrightarrow ***strežnik BaasBox***: Strežnik BaasBox omogoča prijavo uporabnika, prenos podatkov in nalaganje fotografij v povezavi med ogrodjem CaptainCasa in strežnikom BaasBox. Poleg navedenega omogoča vzdrževanje uporabnikov, projektov in projektne strukture, pri katerih ima »pravico urejanja«. Strežnik BaasBox ima tudi vpogled oziroma »pravico branja« naloženih fotografij.
3. ***CaptainCasa*** \Leftrightarrow ***mySQL***: Povezava med CC in podatkovno zbirko mySQL omogoča shranjevanje odjemalčevih podatkov, podatkov uporabnikov in vlog posameznih uporabnikov.
4. ***Namizje*** \Leftrightarrow ***CaptainCasa***: CC omogoča, da lahko glavni uporabnik na namizju ureja in vzdržuje podatke o uporabnikih, njihovih vlogah, odjemalcih in projektih. Poleg tega omogoča vpogled v seznam naloženih fotografij, ki jih je mogoče tudi shraniti s strežnika na računalnik.

4.2.2 Uporabljene tehnologije pri izdelavi mobilne aplikacije

Za razumevanje medplatformske arhitekture je pomembno, da razumemo tipe strategij uporabljenih za razvoj aplikacij za mobilne telefone. Aplikacije so lahko izvirne (*native*), hibridne ali spletne, kar je odvisno od izbranega pristopa za izdelavo.



Slika 4.12: Vrste aplikacij glede na način razvoja [23]

Slika 4.12 prikazuje primerjavo med strategijami razvoja aplikacij in ponazarja prilagodljivost več platformam od leve proti desni. V nadaljevanju se bomo osredotočili na predstavitev možnih načinov razvoja aplikacij, podrobneje opredelili prednosti in slabosti uporabe posameznega načina in obrazložili našo izbiro razvoja hibridne aplikacije.

Izvorna aplikacija

Izvorna aplikacija je razvita za točno določeno platformo in nameščena na računalniški napravi. Njen razvoj lahko poteka z uporabo različnih jezikov, ter ločeno za vsako platformo posebej. Po namestitvi aplikacije na napravo, aplikacija komunicira z operativnim sistemom naprave in lahko uporablja vse njene funkcionalnosti, saj njen razvoj sloni na celotnem API. Poleg tega koristi tudi vgrajene grafične komponente in ima dizajn, značilen za platformo, na kateri deluje [24].

Za razvoj izvirne aplikacije se običajno odločimo, ko potrebujemo delujočo aplikacijo brez internetne povezave, napredno grafično podporo in popoln dostop do funkcionalnosti naprave [78]. Prednosti vidimo tudi v njeni hitri odzivnosti ter možnosti prenosa na spletno trgovino z mobilnimi aplikacijami. Na drugi strani bi lahko opredelili slabosti razvoja izvirne aplikacije,

kot so na primer visoki stroški izdelave in potreba po večjem številu razvijalcev za več platform. Poleg tega je ob spremembah aplikacijo potrebno ponovno izdelati za vse platforme in nadgradnjo ponovno ponuditi v spletni trgovini. Tudi nadgradnja aplikacije mora sovpadati z nadgradnjo mobilnih operacijskih sistemov.

Spletna mobilna aplikacija

Spletna mobilna aplikacija je generalizirana za več platform. Gre za aplikacijski program, ki je shranjen na oddaljenem strežniku in dostavljen preko spleta s pomočjo spletnega brskalnika. Spletna aplikacija je zasnovana na spletnih tehnologijah: HTML5, CSS in JavaScript, z možnostjo uporabe dodatnih knjižnic. Njen razvoj je najpogostejši za mobilne naprave z medplatformskimi ogrodji.

Aplikacija torej ni lokalno nameščena, vendar jo je mogoče namestiti tudi na napravo. Spletna aplikacija za razliko od izvirne aplikacije ne dostopa do operativnega sistema mobilne naprave, zato tudi nima dostopa do celotnega API operativnega sistema, ampak le do dela, ki je dostopen preko spletnega brskalnika [24]. Kar pomeni, da aplikacija ne deluje, če je shranjena na strežniku in mobilna naprava ni povezana z internetom. Kot slabost spletne aplikacije lahko omenimo tudi podporo manjšega števila funkcionalnosti naprave, na kateri je nameščena. Uporabniki pričakujejo dobro odzivnost, saj se zavedajo zmogljivosti svoje naprave. Na različnih platformah je podpora integriranega brskalnika drugačna. Pri razvoju smo omejeni, saj brskalniki ne podpirajo kompleksnejših interakcij z uporabnikom, prav tako pa je omejen tudi obseg podpore 2D in 3D grafike.

Med razloge, ki govorijo v prid uporabi razvoja spletne aplikacije zagotovo lahko štejemo njeno hitro izdelavo ter možnost izdelave z že znanimi pristopi za izdelavo spletnih strani. Običajno za njeno izdelavo ne potrebujemo novega kadra, stroški za izobraževanje obstoječega kadra pa so nizki. Razvijalec potrebuje le poznavanje SDK in API medplatformskega ogrodja. Z uporabo različnih CSS slogov je možen različen izgled aplikacije na vsaki

platformi, pri izdelavi le tega pa nam je v pomoč uporaba številnih knjižnic.

Hibridna aplikacija

Hibridna aplikacija združuje prednosti obeh tipov razvoja aplikacij (spletnih in izvornih) ter predstavlja najboljšo možnost razvoja medplatformskih aplikacij.

Pri tem pristopu se del aplikacije razvija v HTML5, CSS in JavaScript-u, del pa z uporabo izvirnega ogrodja. Izvorni deli se lahko razvijajo samostojno ali pa se uporabi že gotove rešitve kot je na primer PhoneGap. Slednji se je izkazal za eno najbolj priljubljenih rešitev na tem področju, ki uporabnikom omogoča hiter in enostaven razvoj aplikacije, ki deluje na več platformah in združuje razvijalčevo že obstoječe znanje spletnega programiranja. Za vsako izbrano platformo je potrebno ustvariti projekt na izvoren način, v katerega se doda PhoneGap ogrodje. Videz aplikacije je enak na vseh platformah, vendar lahko do drugačnega izgleda pridemo z uporabo drugih knjižnic ali samostojnega razvoja različnih CSS skript.

PhoneGap trenutno podpira sledeče operacijske sistemske platforme mobilnih naprav [76]:

- Apple iOS (oba, iPhone in iPad) [4]
- Google Android [31]
- HP/Palm webOS [39]
- Microsoft Windows Phone 7 [50]
- Nokia Symbian [55]
- RIM BlackBerry (naprave z delujočim BlackBerry Device Software 4.6 in novejšim) [60]
- Samsung Bada [62]

V poslovnem okolju so najbolj verjetni scenariji hibridnih aplikacij, ki združujejo prednosti tako oblaka kot interne IT infrastrukture. Prav tako lahko večino aplikacij označimo za hibridne [34]. Spletne aplikacije, kot je na primer spletno bančništvo, tipično hranijo vsebino lokalno. Lokalno hranjene izvirne aplikacije, kot je na primer Microsoftov Word, pa uporabljajo vmesnik do spleta.

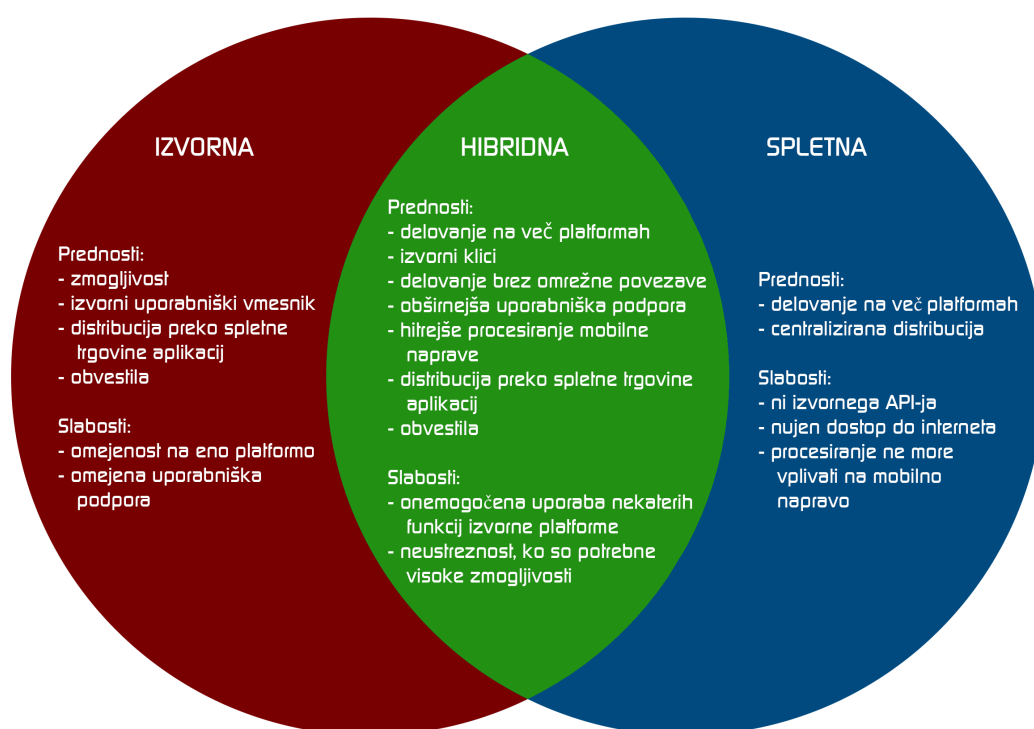
Kot že omenjeno lahko med prednosti hibridne aplikacije štejemo hiter razvoj aplikacij za več platform z uporabo HTML, CSS in JavaScript, pri katerih programiranje v izvornih jezikih ni potrebno (potrebna je le izdelava osnovnega projekta za vsako platformo). Aplikacija deluje tudi v primeru nepovezanosti z internetom, z uporabo izvornih API-jev in kontrol pa se obnaša podobno kot izvirna aplikacija. Podpira veliko funkcionalnosti naprave. Če je v aplikaciji na nekem mestu potrebno zagotoviti popolno izvirno podporo, je to še vedno mogoče z uporabo izvirnega razvoja tistega dela aplikacije [24]. V dobro lahko štejemo tudi prenos na spletno trgovino z aplikacijami, fleksibilnost pri izbiri načina razvoja aplikacije ter nižje stroške izdelave v primerjavi z izvirnim načinom razvoja.

Pri izbiri razvoja hibridne aplikacije moramo biti pozorni tudi na njene slabosti. Za vsako platformo potrebujemo njeno razvojno okolje in namestitev le tega na razvijalčevem računalniku za vsako platformo posebej. Razvite dele aplikacije na izvoren način je potrebno razviti na vsaki platformi posebej. Odzivnost hibridne aplikacije je slabša in ne podpira vseh funkcionalnosti naprav.

Prednosti in slabosti posameznih načinov razvoja aplikacij in naš izbor

Glavne prednosti in slabosti posameznih načinov razvoja aplikacij lahko okvirno strnemo v grafični prikaz, ki ga ponazarja Slika 4.13.

Glavni razlog za našo izbiro uporabe hibridne aplikacije sloni na zahtevi, da aplikacija deluje na prenosnih napravah z različnimi operacijskimi sistemi, kot so Android, iOS, Windows in BlackBerry OS. Drugi razlog, ki je



Slika 4.13: Prednosti in slabosti posameznih načinov razvoja aplikacij [23]

prav tako botroval naši izbiri je dejstvo, da gre v našem primeru za poskusni projekt in imamo omejena finančna sredstva. Razvoj izvirne aplikacije namreč zahteva visoko stopnjo specializiranega znanja v programiranju, kar bi v našem primeru predstavljalo tudi višji finančni vložek v razvoj same aplikacije. Za hibridno aplikacijo smo se torej odločili predvsem iz funkcionalnih in ekonomskih razlogov.

Poglavje 5

Prispevek razvitega sistema in možnosti nadgradnje

Bistvo našega sistema je v poenoteni strukturi dokumentiranja pri projektih, na katerih dela večje število delavcev, ki so zadolženi za vodenje dokumentacije. Tako je aplikacija prvotno namenjena za ustvarjanje in vodenje fotografske dokumentacije v gradbeništvu, na primer ob izgradnji večjih objektov. Kljub temu pa je možna prilagoditev tudi na druge projekte, pri katerih je potrebno v obliki fotografije in tekstovnega opisa dokumentirati napredek izvedbe delovnih procesov. Na primer pri izgradnji elektrarn, proizvodnih linij, polaganju cevovodov za plin, nafto in podobno.

Prav tako lahko aplikacijo prilagodimo za potrebe projekta, pri katerem je v sam proces dokumentiranja vpletena le ena oseba. Kot primer lahko omenimo dokumentiranje pri oceni vrednosti nepremičnin, ko mora nepremičninski cenilec dokumentirati obstoječe stanje nepremičnine, da lahko na podlagi le te v procesu ocenjevanja poda čim bolj točno oceno vrednosti.

Kot zelo uporabna dopolnitev aplikacije se lahko izkaže tudi samodejno oblikovanje poročil, saj zaledni sistem to v osnovi že omogoča. V tem primeru se postavi šablona enega ali več poročil, ki se oblikujejo glede na potrebe in zahteve končnega uporabnika.

Možna je tudi integracija v model BIM, ki bi tako pridobil na vizualizaciji

s pomočjo fotografij. Poleg fotografij, z vsemi pripadajočimi meta podatki, bi lahko v gradbeni dnevnik vključili tudi opisno besedilo.

Res da gre za preprost sistem, ki ga lahko vidimo kot del večjega modela. Vendar njegov doprinos delovnim procesom v gradbeništvu predstavlja optimizacijo dela teh procesov, znižanje stroškov že med samim potekom projekta, saj z njegovo uporabo prihranimo na času, ter v končni fazi tudi znižanje stroškov ob morebitnih tožbah, saj lahko z arhivom enostavno pridobimo potrebne dokaze.

Literatura

- [1] Advanced Solutions - Design Software. <http://www.advancedsolutions.com/design/services/lifecycle-bim.aspx>. Svetovni splet: 24. marec 2016.
- [2] Ghassan Aouad. Trends in information visualisation in construction. In *Information Visualization, 1999. Proceedings. 1999 IEEE International Conference on*, pages 590–594. IEEE, 1999.
- [3] Apache Tomcat. <http://tomcat.apache.org/>. Svetovni splet: 10. januar 2016.
- [4] Apple iOS. <http://developer.apple.com>. Svetovni splet: 25. november 2015.
- [5] ArchiSnapper. <http://archisnapper.com/>. Svetovni splet: 25. marec 2016.
- [6] Arhinova. www.arhinova.si/bim.html. Svetovni splet: 24. marec 2016.
- [7] Aristeo Construction. <http://www.aristeo.com>. Svetovni splet: 24. marec 2016.
- [8] Salman Azhar. Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. *Leadership and Management in Engineering*, 11(3):241–252, 2011.

-
- [9] Salman Azhar, Malik Khalfan, and Tayyab Maqsood. Building information modelling (BIM): now and beyond. *Construction Economics and Building*, 12(4):15–28, 2015.
- [10] BaasBox. <http://www.baasbox.com/>. Svetovni splet: 10. januar 2016.
- [11] Nenad Čuš Babič. *Optimizacija informacijskih tokov v gradbenih projektih kot osnova za učinkovito strategijo uvajanja informacijskih tehnologij: doktorska disertacija*. PhD thesis, Fakulteta za gradbeništvo, Univerza v Mariboru, 2011.
- [12] Joseph Betser and David Belanger. Architecting the enterprise via big data analytics. *LIEBOWITZ, Jay. Big data and business analytics*. Boca Raton: Taylor & Francis Group, LLC, 2013.
- [13] BIM gets real with Multivista - Photo documentation now integrates with BIM. <https://globenewswire.com/news-release/2015/04/30/730948/10131888/en/BIM-Gets-Real-with-Multivista-Photo-Documentation-Now-Integrates-with-BIM.html>. Svetovni splet: 14. januar 2016.
- [14] CaptainCasa Enterprise Client. <http://www.captaincasa.com/richclientsolutions.html>. Svetovni splet: 10. januar 2016.
- [15] Stuart K Card, Jock D Mackinlay, and Ben Shneiderman. *Readings in information visualization: using vision to think*. Morgan Kaufmann, 1999.
- [16] Intel IT Center. Big Data Visualization: Turning Big Data Into Big Insights, 2013.
- [17] Tien-Hsiang Chuang, Bo-Cing Lee, and I-Chen Wu. Applying cloud computing technology to BIM visualization and manipulation. In *28th International Symposium on Automation and Robotics in Construction*, pages 144–149, 2011.

-
- [18] GS Coleman and JW Jun. Interoperability and the Construction Process - A White Paper for Building Owners and Project Decision-Makers. *American Institute of Steel Construction*, 2004.
- [19] Fei Dai and Ming Lu. Assessing the accuracy of applying photogrammetry to take geometric measurements on building products. *Journal of construction engineering and management*, 136(2):242–250, 2010.
- [20] Fei Dai and Wei Bing Peng. Reality capture in construction engineering applications using close-range photogrammetry. In *Applied Mechanics and Materials*, volume 353, pages 2795–2798. Trans Tech Publ, 2013.
- [21] Ben Dalton and Maxwell Parfitt. Immersive visualization of building information models. *Design Innovation Research Center working paper 6*, 2013.
- [22] Data visualization is shaping the 2015 construction industry. <https://www.constructionmonitor.com/blog/2015/06/02/>. Svetovni splet: 27. januar 2016.
- [23] Paulo RM de Andrade, Adriano B Albuquerque, Otávio F Frota, Robson V Silveira, and Fátima A da Silva. Cross platform app: a comparative study. *arXiv preprint arXiv:1503.03511*, 2015.
- [24] Igor Dujlović and Zoran Đurić. Razvoj hibridnih mobilnih aplikacija pomoću PhoneGap platforme, 2013.
- [25] Charles M Eastman. Modeling of buildings: evolution and concepts. *Automation in Construction*, 1(2):99–109, 1992.
- [26] Chuck Eastman, Charles M Eastman, Paul Teicholz, and Rafael Sacks. *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. John Wiley & Sons, 2011.

-
- [27] Spletna enciklopedija Wikipedia. Cloud Computing. https://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_computing#cite_note-nist-59. Svetovni splet: 25. marec 2016.
- [28] Martin J Eppler and Remo A Burkhard. Knowledge visualization. Technical report, Università della Svizzera italiana, 2004.
- [29] Miran Erič, Franc Solina, Marko Perkovič, Darja Grosman, and Žiga Stopinšek. Zajem in obdelava 3D podatkov v podvodni arheologiji, 1. del. Technical report, Zavod za varstvo kulturne dediščine Slovenije, 2013.
- [30] Miran Erič and Franc Solina. Slikovni jezik in današnja (neskladna) raba. *Časopis za kritiko znanosti, domišljijo in novo antropologijo*, 44(263), 2016.
- [31] Google Android. <http://developer.android.com>. Svetovni splet: 25. november 2015.
- [32] M Granda. Informacijsko modeliranje zgradb. <https://www.pilon.si/wp-content/uploads/2015/08/PILON.pdf>. Svetovni splet: 24. marec 2016.
- [33] Graphisoft. BIM as a Platform for Communication. <http://helpcenter.graphisoft.com/guides/archicad-17-guides/graphisoft-collaboration-guide/interoperability/bim-as-a-platform-for-communication/>. Svetovni splet: 17. februar 2016.
- [34] Guide to enterprise mobile app development and SOA: Hybrid Application (Hybrid App) Definition. <http://searchsoftwarequality.techtarget.com/definition/hybrid-application-hybrid-app>. Svetovni splet: 19. januar 2016.
- [35] Brad Hardin and Dave McCool. *BIM and construction management: proven tools, methods, and workflows*. John Wiley & Sons, 2015.

-
- [36] David Heesom and Lamine Mahdjoubi. Trends of 4D CAD applications for construction planning. *Construction Management and Economics*, 22(2):171–182, 2004.
- [37] Hetzner. <https://www.hetzner.de/en/>. Svetovni splet: 10. januar 2016.
- [38] Hodoschek. Beweissicherung auf Großbaustellen. <http://kurier.at/wirtschaft/unternehmen/grossbaustellen-sichere-beweise/152.181.582>. Svetovni splet: 21. november 2015.
- [39] HP/Palm webOS. <http://developer.palm.com>. Svetovni splet: 25. november 2015.
- [40] McKinsey Global Institute. MGI Report Big data - the next frontier for innovation, competition, and productivity. http://www.mckinsey.com/insights/business_technology/big_data_the_next_frontier_for_innovation, 2011. Svetovni splet: 16. januar 2016.
- [41] McKinsey Global Institute. The social economy: Unlocking value and productivity through social technologies. <http://www.mckinsey.com/industries/high-tech/our-insights/the-social-economy>, 2012. Svetovni splet: 16. januar 2016.
- [42] McKinsey Global Institute. Ten IT-enabled business trends for the decade ahead. <http://www.mckinsey.com/industries/high-tech/our-insights/ten-it-enabled-business-trends-for-the-decade-ahead>, 2013. Svetovni splet: 16. januar 2016.
- [43] Aleš Jaklič, Miran Erič, Igor Mihajlović, Žiga Stopinšek, and Franc Solina. Volumetric models from 3D point clouds: The case study of sarcophagi cargo from a 2nd/3rd century AD Roman shipwreck near Sutivan on island Brač, Croatia. *Journal of Archaeological Science*, 62:143–152, 2015.

-
- [44] Job Order Contracting. <https://jobordercontracting.org/>. Svetovni splet: 24. marec 2016.
- [45] Loreta Kanapeckiene, Arturas Kaklauskas, Edmundas Kazimieras Zavadskas, and Marko Seniut. Integrated knowledge management model and system for construction projects. *Engineering applications of artificial intelligence*, 23(7):1200–1215, 2010.
- [46] MA Lazaridou and EN Patmio. Photogrammetry–remote sensing and geoinformation. *ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 1:69–71, 2012.
- [47] Daniel Lohmann. Drafting and Designing. Roman Architectural Drawings and their Meaning for the Construction of Heliopolis/Baalbek, Lebanon. In *Proceedings of the Third International Congress on Construction History*, 2009.
- [48] Jana Medved. Big Data tehnologije za analizo velike količine poslovnih podatkov. Master’s thesis, Ekonomsko-poslovna fakulteta, Univerza v Mariboru, 2014.
- [49] Sebastjan Meža. *Razširjena resničnost kot infrastruktura za izboljšanje komunikacije v gradbenih projektih: doktorska disertacija*. PhD thesis, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Univerza v Ljubljani, 2014.
- [50] Microsoft Windows Phone 7. http://create.msdn.com/en-us/home/getting_started. Svetovni splet: 25. november 2015.
- [51] Multivista BIM Integration Program. <http://www.multivista.com/bim>. Svetovni splet: 28. januar 2016.
- [52] MySQL. <https://www.mysql.com/>. Svetovni splet: 25. november 2015.
- [53] National BIM Standard - United States. <https://www.nationalbimstandard.org/faqs#faq1>. Svetovni splet: 15. januar 2016.

-
- [54] Yasemin Nielsen and Bilge Erdogan. Information visualization in construction industry; A quality perspective. In *Proceedings of the 20th Annual Conference of the Association of Researchers in Construction Management, Heriot-Watt University, UK*, volume 1, pages 629–636, 2004.
- [55] Nokia Symbian. www.developer.nokia.com/Devices/Symbian. Svetovni spleti: 25. november 2015.
- [56] Frank J Ohlhorst. *Big data analytics: turning big data into big money*. John Wiley & Sons, 2012.
- [57] PREVERA Consulting GmbH. www.prevera.at. Svetovni spleti: 25. november 2015.
- [58] K Pramod Reddy. *BIM for building owners and developers: making a business case for using BIM on projects*. John Wiley & Sons, 2011.
- [59] Fabio Remondino. Heritage recording and 3D modeling with photogrammetry and 3D scanning. *Remote Sensing*, 3(6):1104–1138, 2011.
- [60] RIM BlackBerry. www.blackberry.com/developers. Svetovni spleti: 25. november 2015.
- [61] Sage. Four tech trends that are reshaping the construction industry. <http://www.sage.com/us/industry/construction/it>. Svetovni spleti: 25. november 2015.
- [62] Samsung Bada. <http://developer.bada.com>. Svetovni spleti: 25. november 2015.
- [63] Dana K Smith and Michael Tardif. *Building information modeling: a strategic implementation guide for architects, engineers, constructors, and real estate asset managers*. John Wiley & Sons, 2009.
- [64] Robert Spence. *Information visualization*, volume 1. Springer, 2001.

- [65] Žiga Stopinšek, Gregor Berginc, Miran Erič, and Franc Solina. Uvajanje 3D tehnologij pri varstvu kulturne dediščine. In Božidar Potočnik, editor, *ROSUS 2013 : računalniška obdelava slik in njena uporaba v Sloveniji 2013 : zbornik 8. strokovne konference, Maribor, 21. marec 2013*, pages 89–97, Maribor, 2013. Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Inštitut za računalništvo.
- [66] Taking Construction Documentation to a New Level. <https://www.balboacapital.com/taking-construction-documentation-to-a-whole-new-level/>. Svetovni splet: 17. februar 2016.
- [67] think project! International GmbH & Co. KG. www.thinkproject.com. Svetovni splet: 25. november 2015.
- [68] Troester. Big Data Meets Big Data Analytics. http://www.sas.com/content/dam/SAS/en_us/doc/whitepaper1/big-data-meets-big-data-analytics-105777.pdf. Svetovni splet: 16. januar 2016.
- [69] Edward R Tufte. *The visual display of quantitative information*. Graphics press Cheshire, CT, 1983.
- [70] Žiga Turk. *Methodologies for construction informatics research*. Springer, 2006.
- [71] S Tuttas, A Braun, A Borrmann, and U Stilla. Validation of BIM components by photogrammetric point clouds for construction site monitoring. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2(3):231, 2015.
- [72] Červek. Dunajsko letališče: Terminal skylink še buri duhove. <http://www.delo.si/clanek/252231>, 2013. Svetovni splet: 16. januar 2016.
- [73] Visual documentation helps meet construction deadline. <http://constructech.com/visual-documentation-helps-meet-construction-deadline/>. Svetovni splet: 17. februar 2016.

-
- [74] Qi Wang, Mohamed El-Gafy, and Jingmin Zha. Bi-level framework for measuring performance to improve productivity of construction enterprises. *Constr. Res. Congr*, 2:970–979, 2010.
- [75] Colin Ware. *Information visualization: perception for design*. Elsevier, 2012.
- [76] John M Wargo. *PhoneGap Essentials: Building Cross-Platform Mobile Apps*. Addison-Wesley, 2012.
- [77] Alenka Zabukovec. *Vpliv vizualizacije informacij na kakovost informacij pri poslovnem odločanju: doktorska disertacija*. PhD thesis, Ekonomska fakulteta, Univerza v Ljubljani, 2014.
- [78] Matej Zimic. Medplatformski razvoj mobilnih aplikacij. Diplomski naloga, Fakulteta za računalništvo in informatiko, Univerza v Ljubljani, 2012.